

# KAJIAN STRUKTUR BANGUNAN AKIBAT PENURUNAN MUTU BETON PADA KOLOM TERPASANG

(Studi Kasus: SDN 01 Cikaret Kabupaten Bogor)

Muhamad Lutfi, Subtoni

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

E-mail: opomsubtoni@yahoo.com

## ABSTRAK

Bangunan sekolah selayaknya harus memenuhi persyaratan teknis yang telah ditetapkan dan diatur didalam Undang- undang Bangunan Gedung No. 28 Tahun 2002 bahwa setiap gedung harus memiliki asas kemanfaatan, keselamatan, kenyamanan dan keserasian dengan lingkungannya. SDN 01 Cikaret tengah melakukan rehabilitasi bangunan namun pada pelaksanaannya ditemukan kondisi dimana beton mengalami perubahan fisik yaitu berupa pelapukan hal itu diduga terjadi akibat penurunan mutu beton pada kolom tersebut, dengan demikian akan menyebabkan kolom menjadi rusak dan daya dukung kolom serta kekuatan struktur bangunan sekolah akan berkurang. Pengujian mutu beton akan dilakukan dengan cara uji tanpa merusak dengan *hammer test* sehingga akan didapat nilai mutu beton yang terdapat pada bangunan, nilai dari *hammer test* itu kemudian dianalisis dengan menggunakan *software Etabs* dengan memperhitungkan berat beban yang harus diterima oleh bangunan baik itu beban hidup, beban mati, dan beban gempa, yang kemudian dikombinasikan dan dianalisis kembali secara manual sehingga diperoleh hasil dimana warna merah yang muncul pada permodelan di semua struktur bangunan kemudian dengan hitungan manual didapatkan hasil dengan diagram interaksi kolom dimana nilai R (pertemuan garis Pu dan Mu) berada diluar diagram interaksi kuat rencana, setelah itu dilakukan perencanaan ulang dengan menggunakan mutu beton K-225 diperoleh hasil dimana dengan permodelan *software Etabs* ditunjukkan dengan warna ungu yang berarti struktur aman dan hitungan manual dengan diagram interaksi kolom hasil dimana nilai R (pertemuan garis Pu dan Mu) berada didalam diagram interaksi kuat rencana. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kolom pada bangunan eksisting sudah tidak dapat menahan beban bangunan di atasnya sedangkan dengan perencanaan mutu beton K-225 struktur kolom mampu menahan beban struktur atasnya.

**Kata Kunci:** Hammer test; Software Etabs; Struktur Kolom.

## ABSTRACT

*School buildings should meet the technical requirements that have been determined and regulated in Building Law No. 28 of 2002 that every building must have the principles of expediency, safety, comfort and harmony with its environment. SDN 01 Cikaret is undergoing rehabilitation of the building but in its implementation it was found that the concrete experienced physical changes in the form of weathering was thought to occur due to a decrease in the quality of concrete in the column, thereby causing the column to become damaged and the carrying capacity of the column and the strength of the school building structure to be reduced. Concrete quality testing will be carried out by means of a test without damaging the hammer test so that the concrete quality values contained in the building will be obtained, the value of the hammer test is then analyzed using Softwares Etabs by calculating the weight of the load that must be received by the building both the living load, the burden dead, and earthquake load, which is then combined and analyzed manually again so that the results obtained where the red color that appears in the modeling in all building structures and then with a manual count results obtained with a column interaction diagram where the value of R (meeting Pu and Mu lines) is outside strong interaction diagram of the plan, after that re-planning using K-225 concrete quality results obtained where the modeling of Etabs software shown in purple which means the structure is safe and manual count with the results column interaction diagram where the value of R (meeting lines Pu an) are in the diagram of the strong interaction plan. So it can be concluded that the columns in the existing building can no longer bear the weight of the building above, whereas with the K-225 concrete quality planning the column structure is able to withstand the high structural load.*

**Keywords:** Hammer test; Software Etabs; Column Structure.

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 441 tahun 1998

tentang

persyaratan teknis bangunan gedung, maka bangunan sekolah termasuk kelas yaitu

bangunan gedung yang dipergunakan untuk melayani kebutuhan masyarakat umum. Bangunan sekolah selanjutnya harus memenuhi persyaratan teknis yang telah ditetapkan dan diatur didalam Undang- undang Bangunan Gedung No. 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung, bahwa setiap gedung harus memiliki asas kemanfaatan, keselamatan, kenyamanan dan keserasian dengan lingkungannya. Aspek keselamatan suatu bangunan sekolah tidak terlepas dari faktor kekuatan elemen struktur atas bangunan sekolah, yang secara umum terdiri elemen balok, kolom dan pelat. Ketiga elemen tersebut sebaiknya pada proses pembuatannya dari tahap awal sampai dengan akhir haruslah dilakukan pemeriksaan yang terencana dan terukur, baik itu menyangkut material yang digunakan, tata laksana, peralatan pendukung dan hasil akhir mutu beton yang digunakan.

Bangunan SDN Cikaret 01 Kecamatan Cibinong telah 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 mengalami perubahan fisik beton. Memperhatikan kondisi fisik bangunan SDN Cikaret 01 kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor, dianggap perlu dilakukan suatu kajian analisis struktur akibat penurunan mutu beton tersebut. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah bangunan SDN Cikaret 01 Kecamatan Cibinong kabupaten Bogor akan layak digunakan untuk kepentingan belajar mengajar.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas dapat dirumuskan

beberapa permasalahan:

1. Apakah struktur kolom bangunan SDN Cikaret 01 Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor masih dapat menahan struktur di atasnya? dan
2. Bagaimana bentuk pemodelan yang seharusnya supaya kolom tersebut tidak mengalami perubahan fisik?

### Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini

adalah memperoleh nilai pembebanan dari bangunan SDN Cikaret 01 Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor dan memperoleh bentuk pemodelan eksisting dan pemodelan rencana bangunan tersebut dengan *software Etabs* dan analisis manual.

### Nilai Uji Kuat Tekan Beton Struktur Bangunan

#### Kondisi eksisting

Pelaksanaan konstruksi pada SDN Cikaret 01 kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor ditemukan suatu kondisi dimana beton pada kolom-kolom bangunan yang menopang lantai 1 mengalami perubahan fisik beton. Perubahan fisik yang dimaksud adalah beton mengalami gejala pelapukan. Perubahan kondisi fisik kolom yang mengalami gejala pelapukan, diduga terjadi penurunan mutu beton pada kolom terpasang, serta ditakutkan akan menyebabkan kolom menjadi rusak dan sudah barang tentu akan mengakibatkan berkurangnya daya dukung kolom dan kekuatan struktur bangunan sekolah. Kondisi pelapukan yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1** Kondisi pelapukan yang terjadi

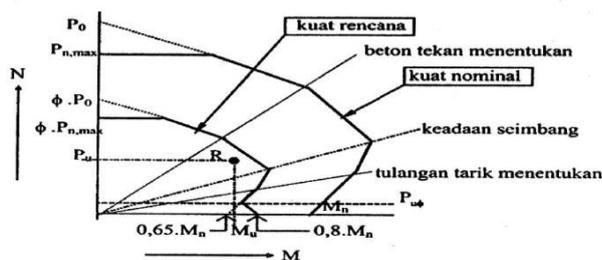
Beban yang bekerja pada kolom biasanya

berupa kombinasi antara beban aksial dan

momen lentur. Besarnya beban aksial dan momen lentur yang mampu ditahan oleh kolom bergantung pada pada ukuran/dimensi kolom, dan jumlah serta letak baja tulangan yang ada/terpasang pada kolom tersebut. Hubungan antara beban aksial dan momen lentur digambarkan dalam suatu diagram yang disebut diagram interaksi kolom M-N, yaitu dapat memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang bersangkutan. Untuk penampang kolom dapat digambarkan diagram kolom yang meliputi 3 macam yaitu diagram interaksi kolom untuk kuat rencana, diagram interaksi untuk kuat nominal dan diagram interaksi untuk kuat batas (kapasitas), tetapi yang ditinjau hanya 2 saja yaitu diagram interaksi untuk kuat rencana dan kuat nominal.

Diagram interaksi kolom dibuat dengan pertolongan 2 buah sumbu (yaitu vertikal dan sumbu horisonta) yang saling berpotongan tegak lurus sesamanya.

Sumbu vertikal menggambarkan besar beban aksial P atau gaya normal N, sedangkan sumbu horizontal menggambarkan besar momen lentur M yang dapat ditahan oleh kolom. Kolom mampu menahan beban aksial perlu Pudan bebn momen perlu sebesar Mu. Untuk keperluan tersebut, nilai Pu dan Mu diplotkan pada sumbu diagram. Kemudian dengan membuat garis horizontal dari beban Pu dan membuat garis vertikal dari momen Mu, maka diperoleh titik R. Apabila diperoleh titik R berada di dalam diagram interaksi kuat rencana, maka kolom mampu menahan beban yang bekerja. Tetapi, sebaliknya jika titik R berada diluar diagram interaksi kuat rencana, maka kolom tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja. Contoh diagram interaksi kolom M-N ditunjukkan pada Gambar 2.5. diagram interaksi kolom M-N yang ditunjukkan pada Gambar 2.



(Sumber: Kolom, Pondasi dan Balok T, Ali Asroni)

**Gambar 2.** Diagram interaksi kolom M – N

**Hammer test**

Hammer test yaitu suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Disamping itu dengan menggunakan metode ini akan diperoleh cukup banyak data dalam waktu yang relatif singkat dengan biaya yang murah. Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan juga setelah dikalibrasi, dapat memberikan pengujian ini adalah jenis "Hammer". Alat ini sangat berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada struktur. Karena kesederhanaannya, pengujian dengan menggunakan alat ini sangat cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang singkat. Alat ini sangat peka terhadap

variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Oleh karena itu, diperlukan pengambilan beberapa kali pengukuran disekitar setiap lokasi pengukuran, yang hasilnya kemudian dirata-ratakan British Standards (BS) mengisyaratkan pengambilan antara 9 sampai 25 kali pengukuran untuk setiap daerah pengujian seluas maksimum 300 mm<sup>2</sup>. Secara umum alat ini bisa digunakan untuk:

- Memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur.
- Mendapatkan perkiraan kuat tekan beton.

Kelebihan dari "Hammer test" diantaranya murah, pengukuran bisa dilakukan dengan cepat, praktis (mudah digunakan), tidak merusak sedangkan kekurangan Hammer test yaitu Sulit mengkalibrasi hasil pengujian, tingkat keandalannya rendah, hanya memberikan informasi mengenai karakteristik beton pada permukaan

1. Hasil pengujian alat hummer test Analisis kekuatan struktur bangunan yang

dilakukan adalah dengan mengetahui mutu beton eksisting dari bangunan dan untuk mutu beton eksisting pada bangunan SDN Cikaret 01 yaitu beton K-225 (setara dengan 18,68 MPa). Mutu beton yang dicari adalah mutu beton elemen struktur bangunan yaitu mutu beton balok, kolom dan pelat. 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, dimana alat uji ini dapat digunakan untuk menguji dan mengevaluasi kekerasan permukaan beton.



Gambar 3 Proses *hammer test*

Secara umum faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton seperti:

- 1) Pengaruh cuaca buruk berupa pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh pergantian panas dan dingin.
- 2) Daya perusak kimiawi, seperti air laut (garam), asam sulfat, alkali, limbah, dan lain-lain.
- 3) Daya tahan terhadap haus (abrasi) yang disebabkan oleh gesekan orang berjalan kaki, lalu lintas, gerakan ombak, dan lain-lain
- 4) Bahan-bahan penyusutan beton yaitu air, semen, agregat, *admixture*, bahan tambahan.
- 5) Metode pencampuran: penentuan proporsi bahan, pengadukan, pengeceron, pemadatan
- 6) Perawatan: Pembasahan/perendaman, suhu dan waktu.
- 7) Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat.

Pengujian beton dilakukan pada struktur kolom beton yang diduga mengalami pelapukan. Sampel benda uji diambil 7 (tujuh) buah kolom, 3 (tiga) buah pelat dan 5 (lima) buah balok yang dipilih secara acak. Bidang uji pada elemen struktur harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Permukaan beton yang akan diuji harus merupakan permukaan yang padat, halus, dan tidak dilapisi oleh plesteran atau bahan pelapis lainnya.
- 2) Bidang uji yang dipilih harus kering

dan halus, bebas dari tonjolan-tonjolan atau lubang-lubang.

- 3) Lokasi-lokasi bidang uji harus ditentukan sesuai dengan dimensi elemen struktur dan jumlah nilai uji yang diperlukan untuk perhitungan perkiraan kekuatan beton.

### Permodelan Struktur Beban

#### Pembebanan

Jenis pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah beban vertikal. Untuk analisa struktur utama dilakukan kombinasi pembebanan sesuai ketentuan dalam *SKSNI 1991*. Untuk Beban Vertikal dibagi menjadi 3 yaitu :

- a. Beban Mati, yaitu berat semua bagian gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, finishing, mesin atau peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Beban mati tersebut sangat tergantung dari dimensi serta berat jenis struktur yang digunakan. Besarnya beban mati suatu gedung/bangunan diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan bangunan  
Baja

Berat  
7850 kg/m<sup>3</sup>

Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (kelas 1)	1000 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara)	1600 kg/m <sup>3</sup>

---

#### Komponen gedung

Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983)

b. Beban hidup, yaitu mencakup semua beban yang terjadi akibat pemakaian gedung dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang, mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung tersebut besarnya beban hidup yang bekerja tergantung dari fungsional

gedung atau lantai tersebut (*PPI 1983 pasal 3.1 dan 3.2*). Besarnya beban hidup ditentukan oleh peruntukan bangunan, dengan harga minimum (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung tahun 1987). beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan, ditampilkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2** Beban Hidup Pada Lantai Gedung  
Kegunaan bangunan

Kegunaan bangunan	Berat
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125kg/m <sup>2</sup>
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin, dan lain-lain	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai gedung parkir bertingkat, untuk lantai bawah	800 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983)

c. Beban Gempa, yaitu mencakup semua beban yang bekerja pada struktur yang diakibatkan

oleh gerakan tanah yang merupakan akibat dari gempa bumi (baik gempa tektonik ataupun vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut. Pembebanan gempa pada bangunan ini menggunakan data peta zona gempa yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dalam hal ini digunakan zone 4 (Peta Zonasi Gempa Indonesia pada SNI-1726-

$$U = 1,4 DL$$

$$U = 1,2 DL + 1,6 qLL$$

dengan :

U = Kuat perlu, (kN atau kN.m)

DL = Beban mati, dapat berupa momen maupun gaya dalam akibat beban mati,

LL = Beban hidup, dapat berupa momen maupun gaya dalam akibat beban hidup,

b. Faktor penentu beban gempa

Beban gempa yang digunakan pada perencanaan.

2012).

## 2. Kombiasi pembebanan

a. Kuat Perlu

Kuat perlu (U) adalah kekuatan minimal struktur yang diperlukan agar dapat menahan kombinasi beban mati, beban hidup dan beban gempa. Kuat perlu harus dihitung dengan ketentuan persamaan:

$$(1)$$

$$(2)$$

Faktor reduksi kekuatan untuk kolom lebih kecil dibandingkan dengan balok karena kolom umumnya kurang daktil dan lebih terpengaruh terhadap variasi mutu kuat tekan beton. Selain itu, keruntuhan kolom lebih berbahaya dibanding balok. Sedangkan kolom dengan tulangan spiral mempunyai  $\phi$  yang lebih besar karena lebih daktil dan mempunyai *toughness* yang lebih besar (*toughness* adalah kemampuan dalam menyerap energi). Berdasar Pasal 11.3 SNI 03–2 847–2013.

### Bentuk pemodelan

Program *Extended three dimensional analysis of building systems (Etabs)* merupakan suatu program yang dipergunakan untuk melakukan analisis dan desain pada struktur bangunan. Dengan *interface* dan *tool-tool* yang mudah digunakan, *Software Etabs* akan membantu dalam melakukan analisis dan desain struktur bangunan, yang dahulu dilakukan secara manual dalam waktu yang relatif lama dan keakuratannya tidak terjamin. Pembuatan model struktur pada *software Etabs 9.7*, masing-masing elemen struktur digambarkan dengan sistem *grid* dengan titik pusat sumbu pada lokasi pusat massa bangunan di lantai dasar.

#### 1. Pondasi

Pada desain permodelan pondasi diasumsikan bahwa pondasi memberikan kekangan translasi dan rotasi yang cukup pada semua arah sumbu bangunan. Pondasi dimodelkan sebagai perletakan jepit pada lantai dasar bangunan yang terletak pada ujung-ujung bawah kolom lantai dasar.

#### 2. Kolom

Kolom dimodelkan sebagai elemen *frame* yang memiliki hubungn (*joint*) yang kaku sehingga momen maksimum terjadi pada sendi plastis di kedua ujung kolom, momen inersia kolom direduksi menjadi 70% dari momen inersia awal.

#### 3 Balok

Balok dimodelkan sebagai elemen *frame* yang memiliki hubungn (*joint*) yang kaku sehingga momen maksimum terjadi pada sendi plastis di kedua ujung balok untuk memperhitungkan pengaruh retak pada beton ketika terjadinya gempa, momen inersia penampang balok direduksi sehingga momen inersia efektif yang digunakan hanya 35% dari momen inersia awal (SNI-03-2847-2002).

#### 4. Pelat lantai

Pada *software Etabs 9.7*, pelat dapat dimodelkan *Membrane*, dimana pelat lantai dengan jenis ini hanya memiliki kekuatan membran pada kedua arah tegak lurus bidangnya.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dimulai bulan Mei dan diperkirakan selesai pada bulan Agustus 2016 dan lokasi penelitian yaitu di SDN Cikaret 01 kabupaten Bogor dengan alamat di Jl. Cikaret no 42, Harapan Jaya Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor, yang ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3 Denah lokasi penelitian

### Bahan dan Alat

#### Bahan

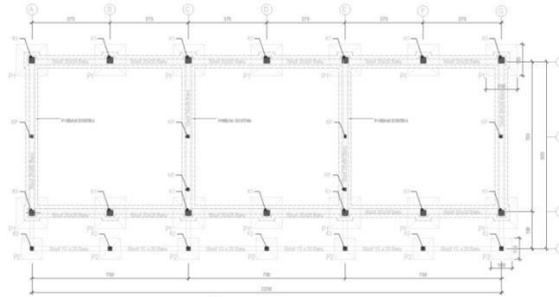
##### 1) Parameter Struktur

Panjang Bangunan : 22,50 meter Lebar Bangunan : 9,00

meter Jumlah Tingkat : 2,00 lantai Tinggi Total Bangunan : 10,95 meter

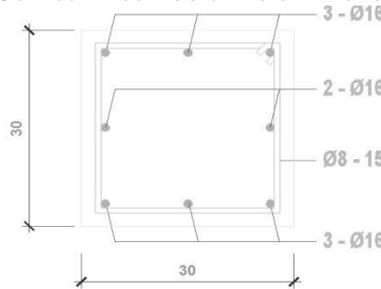
2) Denah gedung

Pembangunan gedung sekolah SDN Cikaret 01 kabupaten Bogor terdiri dari 2 lantai dengan 3 bentang balok pada arah X dengan panjang bentang 3 meter dan 4 bentang balok pada arah Y dengan panjang bentang 4 meter, kemudian 22 kolom tipe 1 dan 11 kolom tipe 2. Denah kolom lantai 1 ditunjukkan pada Gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 4 Denah kolom lantai 1

Detail kolom 1 ditunjukkan pada Gambar 4 dan detail kolom 2 ditunjukkan pada Gambar 5.

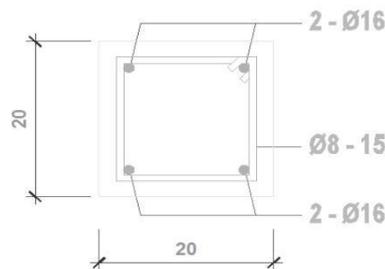


TYPE KOLOM K1

SKALA 1 : 10



Gambar 5 Detail kolom 1



TYPE KOLOM K2

SKALA 1 : 10



Gambar 6 Detail kolom 2

3). Spesifikasi material

Jenis konstruksi berupa lantai konstruksi beton bertulang, balok anak, atap genteng merah, serta dinding bata merah. Kekuatan karakteristik beton dan baja berdasarkan hasil dari *hammer test* sebagai berikut:

Kuat tekan beton	= $f_c'$	= 6,6 Mpa	= 0.0066 kN/m <sup>2</sup>
Tegangan leleh baja	= $f_y$	= 300 Mpa	= 0.30 kN/m <sup>2</sup>

4). Hasil pengujian *hammer test*

**Tabel 3** Pengujian elemen kolom

Jenis Struktur	Lantai 1	fc (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>Rata-rata</b>	<b>79,49</b>

(Sumber: Laboratorim Teknik Sipil FT Universitas Pakuan)

Hasil rata-rata kolom : 79,49 kg/cm<sup>2</sup>

$$f_c' = 79,49/10 \cdot 0,83$$

$$= 6,6 \text{ Mpa}$$

**Tabel 4** Pengujian elemen pelat

Jenis Struktur	Lantai 1	fc (kg/cm <sup>2</sup> )
Pelat	Pelat 1	167,54
	Pelat 2	178,94
	Pelat 3	151,38
	<b>Rata-rata</b>	<b>165,95</b>

(Sumber: Laboratorim Teknik Sipil FT Universitas Pakuan)

Hasil rata-rata pelat = 165,95 kg/cm<sup>2</sup>

$$= 165,95/10 \cdot 0,83$$

$$= 12,94 \text{ Mpa}$$

**Tabel 5** Pengujian elemen balok

Jenis Struktur	Lantai 1	fc (kg/cm <sup>2</sup> )
Balok	Balok 1	132,40
	Balok 2	128,20
	Balok 3	134,00
	Balok 4	122,40
	Balok 5	99,50
	<b>Rata-rata</b>	<b>123,28</b>

(Sumber: Laboratorim FT Universitas Pakuan)

Hasil rata-rata balok = 123,28 kg/cm<sup>2</sup>

$$= 123,28/10 \cdot 0,83$$

$$= 10,23 \text{ Mpa}$$

5). 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:

Kondisi lokasi bangunan gedung tersebut

Gambar kerja dari pembangunan gedung

6). 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 Pembangunan Gedung SDN

Cikaret 01 Kabupaten Bogor.

Setelah mengetahui data-data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah menentukan metode pengumpulan data yaitu:

Observasi, adalah pengumpulan data melalui peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan.

Dokumentasi, adalah pengumpulan data dengan mengambil data-data dari uji laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan, dan foto-foto proses uji *hammer test*.

**Alat**

1). Peraturan yang digunakan Analisis struktur gedung ini menggunakan ketentuan-ketentuan yang berlaku yang terdapat pada buku-buku pedoman antara lain:

1) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013, diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

2) Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983. Beberapa ketentuan yang diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 dalam Tugas Akhir ini adalah: Berat sendiri bahan bangunan, beban hidup lantai gedung, beban angin.

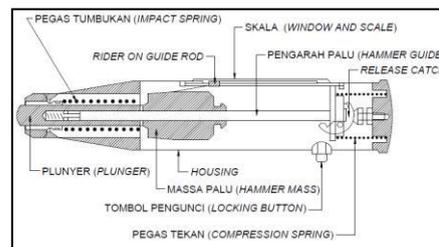
2). Alat bantu program komputer Analisis struktur bangunan dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan menggunakan program *spreadsheet*. Adapun maksud memakai program bantu komputer adalah untuk membandingkan antara perhitungan secara manual dan dengan hasil program bantu tersebut. Alat bantu yang dipergunakan adalah:

- 1) Microsoft Office Excel 2010, digunakan untuk melakukan operasi perhitungan secara manual.
- 2) *Etabs* versi 9.7, digunakan sebagai alat

bantu permodelan dan perhitungan struktur gedung.

3) *Autocad* 2007, digunakan untuk menggambar gambar konstruksi yang akan dihitung maupun yang direncanakan.

3). Alat uji lapangan Evaluasi kuat tekan beton dengan *hammer test* dilakukan untuk mengetahui keseragaman mutu beton dipermukaan dapat dilakukan dengan cara uji tanpa merusak, sekaligus untuk menguji dan mengevaluasi kekerasan permukaan beton. Metoda pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban *impact* (beban hantakan yang terdapat pada *hammer*) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu.. Bagian-bagian *hammer test* ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7 *hammer test*

## METODE PENELITIAN

Analisis struktur bangunan dilakukan secara sistematis agar dapat terciptanya pekerjaan yang memenuhi ketentuan minimum serta mendapatkan hasil pekerjaan struktur yang sesuai.

### Analisis dan bahasan

#### 1) Beban Mati (DL)

##### a. Lantai 1

Plafond	= 11 kg/m <sup>2</sup>	= 11 Kg/m <sup>2</sup>
Penggantung	= 11 kg/m <sup>2</sup>	= 11 Kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik	= 24 Kg/m <sup>2</sup>	= 24 Kg/m <sup>2</sup>
Berat adukan	= 2 x 21 Kg/m <sup>2</sup>	= 42 Kg/m <sup>2</sup>
Berat dinding	= 4 m x 250 Kg/m <sup>2</sup>	= 1000 Kg/m
Berat tangga	= 1,35 m <sup>3</sup> x 2400 Kg/m <sup>3</sup>	= 3227,04 kg

##### b. Lantai 2

Plafond	= 11 kg/m <sup>2</sup>	= 11 Kg/m <sup>2</sup>
Penggantung	= 11 kg/m <sup>2</sup>	= 11 Kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik	= 24 Kg/m <sup>2</sup>	= 24 Kg/m <sup>2</sup>
Berat adukan	= 2 x 21 Kg/m <sup>2</sup>	= 42 Kg/m <sup>2</sup>
Berat dinding	= 4 m x 250 Kg/m <sup>2</sup>	= 1000 Kg/m

Beban Orang	= 100 kg/m <sup>2</sup>
Jumlah beban hidup	= 350 Kg/m <sup>2</sup>

#### 4) Beban Gempa

Besarnya beban gempa rencana dihitung dari analisis dinamik response spektra.

Zona Gempa = Zona ke 4 = 0,4  
 Faktor modifikasi respons (R) = 3,5  
 Tipe tanah = Tanah Lunak  
 Periode natural struktur (CT) = 0,02  
 Faktor reduksi daktilitas struktur (R) = 8,5

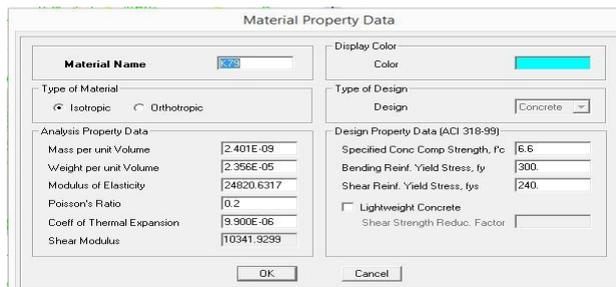
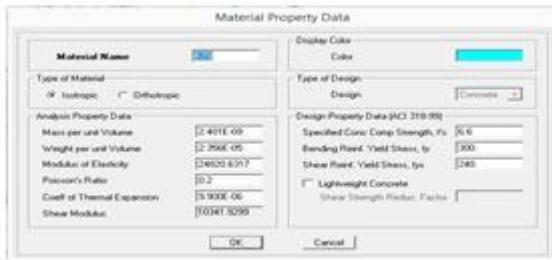
**Pemodelan Struktur Eksisting**

Struktur bangunan SDN Cikaret 01 kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor ini terdiri dai 2 lantai struktur dimodelkan sebagai *space frame* dalam portal 3 dimensi dengan 6 derajat kebebasan (*degree of*

kemudian didistribusikan ke kolom. Struktur dan elemen struktur dirancang hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor sesuai dengan aturan.

**Spesifikasi material**

Input yang dilakukan pada *software Etabs* sesuai dengan kekuatan karakteristik beton dan baja. Input material struktur ditunjukkan pada Gambar 8.

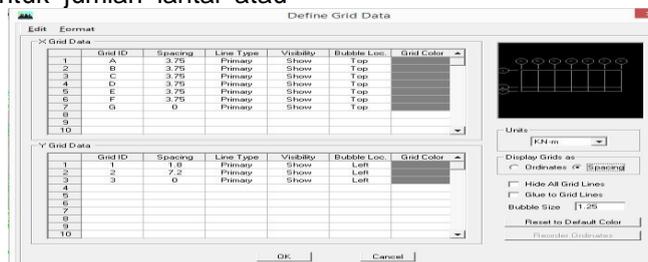


Gambar 8 Input material struktur

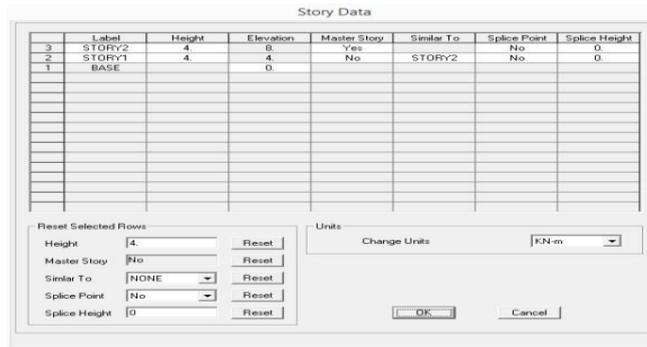
**Grid Struktur**

Pada analisis struktur bangunan SDN Cikaret 01 Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor dengan *software etabs* digunakan dengan *grid*, dimana *grid* dengan sumbu X ditunjukkan dengan notasi alfabet sedangkan *grid* sumbu Y ditunjukkan dengan notasi angka, kemudian untuk jumlah lantai atau

sumbu Z ditunjukkan dengan notasi *Story*, sesuai dengan jumlah kolom yang ada pada perencanaan jumlah grid yang dipakai yaitu 10 pada sumbu X, 3 pada sumbu Y, dan 3 grid pada sumbu Z sesuai dengan jumlah lantai yang ada. Input grid rencana pada *software Etabs* ditunjukkan pada Gambar 9 dan input elevasi rencana ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9 Grid rencana

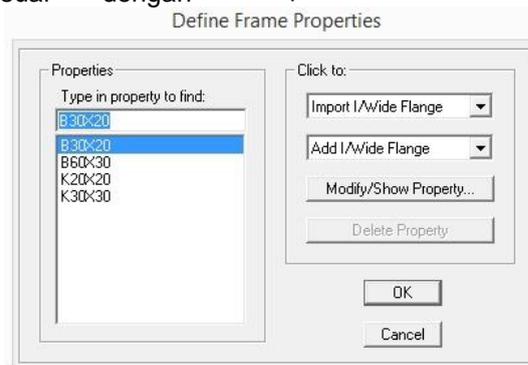


Gambar 10 Elevasi rencana

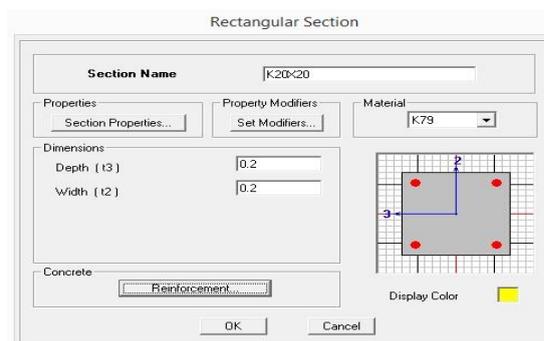
**Input data balok dan kolom**

Pada analisis struktur bangunan SDN Cikaret 01 kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor dengan menggunakan *software etabs* ada beberapa macam dimensi kolom dan balok, penamaan kolom dan balok menggunakan kode sesuai dengan

dimensinya, untuk kolom menggunakan kolom 30x30 cm dan 25x25 cm. Sedangkan untuk balok menggunakan balok dengan dimensi 65x30 cm dan ukuran 30x20 cm, Input dimensi kolom dan balok ditunjukkan oada Gambar 11 dan contoh input data kolom 25x25 ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 11 Input dimensi kolom dan balok

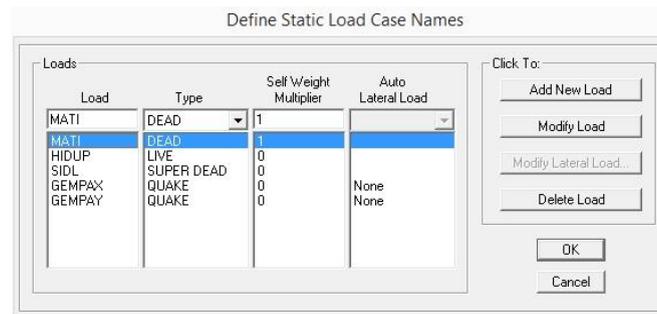


Gambar 12 Contoh input data kolom 20x20 cm

**Pembebanan pada software *Etabs***

Pada permodelan dengan menggunakan *software etabs* beban yang dimasukkan yaitu beban hidup, beban mati, beban tambahan yang ditunjukkan dalam notasi

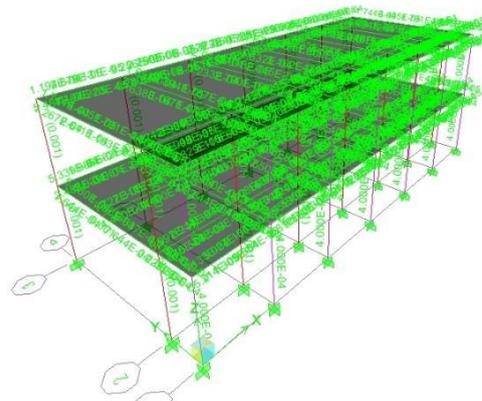
SIDL dan beban gempa, untuk beban gempa ditinjau dari dua arah yaitu arah X dan arah Y yang di tunjukan dengan notasi GEMPAX dan GEMPAY. *Static load case definition* ditunjukkan pada Gambar 13



Gambar 13 *Static load case definition*

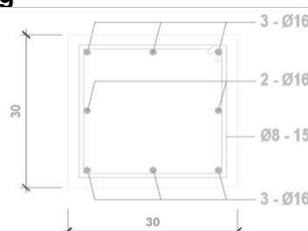
### Hasil analisis permodelan

Hasil perhitungan penulangan kolom dan balok dengan kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan dapat dilihat pada gambar dibawah berikut. Tampak bahwa semua elemen kolom atau balok mengalami over strength (O/S) yang ditandai dengan warna merah pada elemennya. Dengan demikian secara keseluruhan struktur tidak aman terhadap berbagai macam kombinasi beban yang telah ditetapkan, dan kondisi struktur kolom sudah tidak dapat lagi menahan beban struktur diatasnya. Tulangan longitudinal ditunjukkan pada Gambar 14.



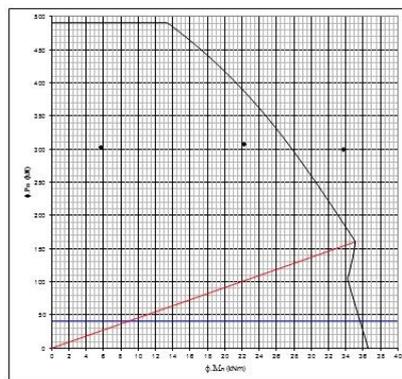
Gambar 14 Tulangan longitudinal

**Analisis Struktur Manual Eksisting**



Kolom *Desain Forces* Kondisi Eksisting pada point 175-177.

$P_u$ (kN) =	307.72	303.40	299.07
$M_u$ (kNm) =	22.51	5.728	33.07



Gambar 15 Diagram interaksi kolom eksisting

Melihat diagram interaksi kolom dapat diketahui hasilnya bahwa struktur kolom tidak dapat menahan beban di atasnya hal itu ditunjukkan dengan adanya  $P_u$  dan  $M_u$  yang berada di luar kuat rencana.

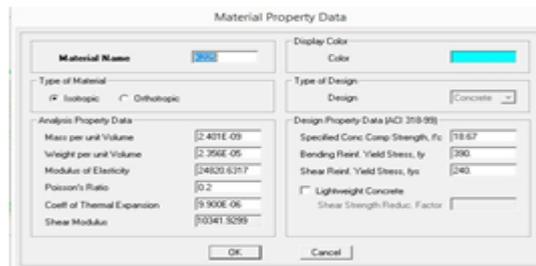
**Permodelan Struktur Rencana**

**Spesifikasi material**

Sementara itu untuk jenis material yang digunakan yaitu dengan menggunakan material beton dan tulangan baja, berbeda dengan kondisi eksisting pada permodelan ini mutu beton yang digunakan yaitu:

Beton K-225  $= f_c' = 18,67$  Mpa  
 Tegangan leleh baja  $= f_y = 300$  Mpa

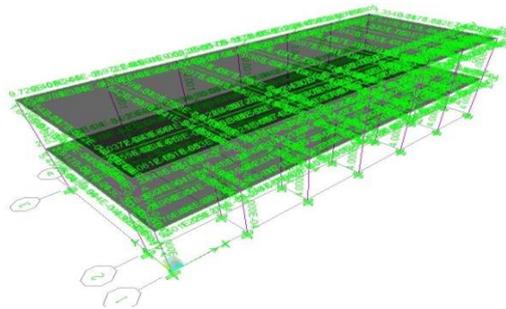
Sementara untuk analisis pembebanan dan dan analisis kondisi tanah masih sama seperti pada permodelan kondisi eksisting. Input material struktur rencana ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Input material struktur

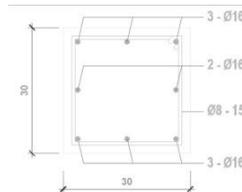
### Hasil analisis permodelan

Hasil perhitungan penulangan kolom dan balok dengan kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan dapat dilihat pada gambar dibawah berikut. Tampak bahwa tidak elemen kolom yang mengalami *over strength* (O/S) yang ditandai dengan warna merah pada elemennya. Dengan demikian secara keseluruhan dengan menggunakan mutu beton K-225 struktur aman terhadap berbagai macam kombinasi beban yang telah ditetapkan. Tulangan longitudinal rencana ditunjukkan pada Gambar 17.



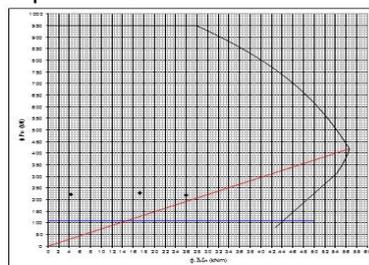
Gambar 17 Tulangan longitudinal

### Analisis Struktur Manual Perencanaan



Gambar 18 Detail kolom

Gambar diagram interaksi kolom ditunjukkan pada Gambar 19, dimana untuk nilai kuat rencana dapat dilihat pada lampiran 4 tentang analisis kekuatan kolom beton bertulang dengan diagram interaksi pada kondisi perencanaan nilai  $P_u$  dan  $M_u$  dapat dilihat dari lampiran 2 Kolom *Desain Forces* Kondisi Perencanaan pada point 175-177.



Gambar 19 Diagram interaksi kolom

Dengan melihat hasil dari diagram interaksi kolom didapatkan hasil bahwa struktur kolom dapat menahan beban diatasnya hal

itu ditunjukkan dengan semua nilai  $M_u$  dan  $P_u$  maksimum yang berada di dalam kuat rencana.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan bahasan, dengan melakukan pemodelan dengan *software Etabs*

dan analisis struktur manual pada bangunan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1). Dalam melakukan proses pemodelan dan analisis struktur bangunan pada bangunan SDN 01 Cikaret Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor dapat diketahui bahwa struktur kolom sudah tidak mampu lagi untuk menahan beban struktur di atasnya.
- 2). Dengan melakukan pengujian mutu beton tanpa merusak atau dengan menggunakan alat *hammer test* pada kolom, pelat lantai dan balok bangunan SDN 01 Cikaret Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor dapat diketahui bahwa bangunan tersebut mengalami kegagalan struktur pada struktur kolomnya hal itu terbukti dari hasil uji tekan beton menunjukkan bahwa mutu beton bangunan pada struktur kolom tidak memenuhi standar minimal mutu beton bagi struktur bangunan tahan gempa.
- 3). Kegagalan struktur diperkuat dengan hasil analisis dengan *software Etabs* bahwa struktur kolom mengalami *over strength* (OS) yang ditunjukkan dengan warna merah dan secara manual pada diagram interaksi nilai Pu dan Mu berada diluar nilai kuat rencana.
- 4). Dengan melakukan perencanaan ulang dengan pemodelan *software Etabs* dan analisis manual tetapi menggunakan material beton dengan mutu K-225 dapat diperoleh bahwa struktur aman, tidak ada struktur yang mengalami *over strength* (OS) dan dapat menahan beban di atasnya dan pada diagram interaksi nilai Pu dan Mu berada didalam nilai kuat

## DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. Kolom Pondasi dan Balok T Beton Bertulang. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Asroni, A. 2011. Perencanaan Portal Beton Bertulang Dengan Sistem Daktilitas Penuh Berdasarkan SNI-03-2847-2002. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Ilham, M. N. 2010. Analisis Kekuatan Kolom Beton Bertulang Dengan Diagram Interaksi. Yogyakarta.
- Nobel, A. 2013. Analisis Struktur Gedung Bertingkat Rendah Dengan Software Etabs V9.5.0. Jurnal Teknik Sipil.
- Haykal, M. Analisis Struktur Gedung Bertingkat Rendah Dengan Software Etabs V.9.60. Jurnal Teknik Sipil.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung tahun 1987. Jakarta. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983., Jakarta.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No: 441/KPTS/1998. Persyaratan Teknis Bangunan Gedung. Jakarta
- Material Beton Dan Persyaratannya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember SNI 03-2847-2013, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- SNI 03-1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung UU No. 28 Tahun 2002. 2002. Undang-Undang Tentang Bangunan Gedung. Jakarta.  
[http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_pekt\\_Indonesia\\_2011](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_pekt_Indonesia_2011)