

# ANALISIS KEHANDALAN STRUKTUR BANGUNAN WISMA ATLIT RAGUNAN PASCA KEBAKARAN

Muhammad Rusli

Puslitbang Permukiman Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum  
e-mail: ruslibdg@yahoo.com

## ABSTRACT

*The data acquisition of the post-fire construction is done by visual observation, dimension measurement, concrete field testing and also laboratory testing. Visual observation above the third floor which is directly on fire, indicate serious damages with the result that all of the building component above the third floor must be replaced by a new construction. The testing of building material shows that the grade of concrete component which is directly fired has  $f_c'=6.8$  MPa, while the non-fired component has  $f_c'=15.2$  MPa. The structural analysis shows that most of the building components at the first and the second floor are able to be functioned with a little repair of longitudinal balk at their support section to increase bending capacities.*

**Keywords:** *Post-fire Construction, Concrete Field Testing, Structural Analysis*

## PENDAHULUAN

Gedung Wisma Atlit Ragunan Jakarta, dibangun pada tahun 1990-an. Konstruksi gedung merupakan struktur rangka beton bertulang berlantai tiga yang berfungsi sebagai ruang penginapan para atlit, dinding terbuat dari pasangan setengah bata, sedangkan rangka atap dari profil baja siku dengan penutup atap genteng keramik.

Berdasarkan laporan dari pengelola, bangunan ini mengalami kebakaran pada hari Senin, tanggal 10 September 2007. lama api menyala diperkirakan selama dua jam sampai dapat diatasi oleh regu pemadam kebakaran. Kebakaran disebabkan oleh hubungan arus pendek di salah satu kamar lantai tiga. Kejadian tersebut mengakibatkan kerusakan cukup parah pada bagian atap, plafond, *ringbalk* dan dinding lantai tiga. Kondisi gedung pada saat dilakukan pemeriksaan dalam keadaan kosong, menunggu adanya kepastian kondisi struktur bangunan, apakah masih dapat difungsikan kembali atau tidak.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kehandalan struktur bangunan Gedung Wisma Atlit Ragunan setelah mengalami kebakaran,

sebagai dasar pengambilan keputusan untuk memfungsikan kembali atau tidaknya gedung tersebut.

Penting bagi para pengambil keputusan untuk mengetahui secara pasti kondisi bangunan ini, apakah masih dapat digunakan tanpa perbaikan, digunakan dengan perbaikan, atau dihancurkan sama sekali untuk diganti struktur bangunan yang baru. Hal ini terkait langsung dengan efisiensi biaya yang dikeluarkan, jika struktur bangunan pasca kebakaran ternyata masih layak digunakan tanpa perbaikan, tentu dana yang dikeluarkan akan relatif kecil sebab perbaikan hanya dilakukan pada komponen non-struktural yang rusak terbakar. Berbeda jika bangunan yang terbakar mengalami kerusakan struktural yang membutuhkan perbaikan, maka biaya yang dikeluarkan lebih besar. Terlebih lagi jika struktur bangunan yang terbakar ternyata rusak berat dan tidak dapat diperbaiki lagi, maka harus dihancurkan untuk diganti bangunan baru, dan biaya yang dibutuhkan relatif besar

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemeriksaan lapangan secara kualitatif dan

kuantitatif serta pengujian di laboratorium. Pemeriksaan kualitatif berupa pengamatan visual kondisi bangunan dan komponen struktur serta pemeriksaan jenis tulangan yang digunakan. Pemeriksaan kuantitatif yang dilakukan di lapangan yaitu pengukuran denah struktur bangunan dan dimensi komponen struktur, pengukuran diameter dan jarak tulangan, pengujian mutu beton permukaan, pengukuran homogenitas beton dan pengambilan sampel beton inti. Proses selanjutnya adalah pengujian sampel beton inti di laboratorium.

Informasi yang diperoleh dari pemeriksaan lapangan dan pengujian laboratorium digunakan sebagai *input* dalam analisis struktur. Proses selanjutnya adalah perhitungan kapasitas kekuatan komponen bangunan.

### **Pemeriksaan Lapangan dan Pengujian Laboratorium**

Pemeriksaan visual dilakukan untuk mengamati kondisi fisik bangunan seperti terjadinya retakan, simpangan dan lendutan komponen struktur serta kerusakan lain yang terjadi pascakebakaran. Selain pengamatan visual dari luar, dilakukan pula pembobokan untuk mengetahui kondisi dan jenis baja tulangan yang digunakan pada komponen beton, sesuai dengan SNI 07-2052-2002. Pemeriksaan visual didokumentasikan dalam bentuk foto. Hal ini penting untuk dapat memberikan pertimbangan-pertimbangan teknis (*engineering judgement*) pada tahap evaluasi.

Pengukuran denah bangunan dan dimensi komponen struktur dilakukan dengan alat meteran, sehingga bangunan dapat dimodelkan dalam bentuk grafis sebagai *input* analisis struktur, sedangkan pemeriksaan tulangan meliputi diameter, jumlah dan jarak tulangan menggunakan alat profometer-5. Untuk mengetahui kondisi material beton, dilakukan pengujian kecepatan rambat gelombang ultra dengan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Hasil pengujian ini berupa informasi mengenai kedalaman retak, porositas, dan keseragaman mutu beton. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4802-1998.

Pengujian dengan alat palu beton (*Schmid's Hammer*) dilakukan untuk memperoleh data perkiraan kuat tekan beton terpasang berdasarkan kekerasan permukaan beton. Hasil pengujian palu beton juga dapat memberikan informasi sebaran

mutu beton pada berbagai komponen struktur. Pengujian ini mengacu pada SNI-03-4430-1997.

Pengambilan sampel beton inti berupa silinder beton menggunakan alat *core ddrill*, mengacu pada SNI 03-2492-2002 dan SNI 03-6898-2002. Sampel hasil *core drill* kemudian diuji di laboratorium dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Acuan yang digunakan dalam pengujian beton inti berdasarkan pada SNI 03-3403-1994 dan SNI 03-6969-2003. Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan data kuat tekan beton terpasang.

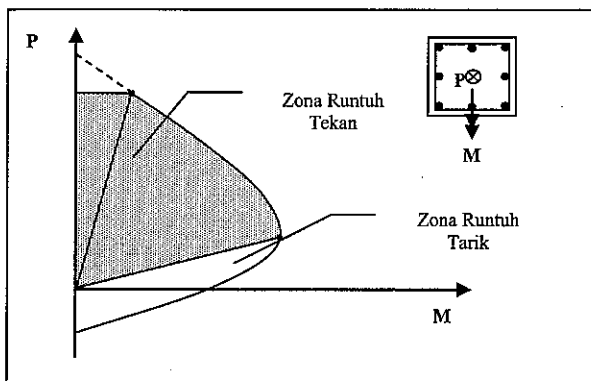
### **Analisis Struktur**

Analisis struktur dilakukan dengan bantuan program ETABS V.8. Data yang diperlukan sebagai *input* program ini adalah: model portal tiga dimensi, dimensi komponen struktur, mutu bahan dan pembebanan (beban mati, beban hidup dan beban gempa). Pembebanan berdasarkan pada SKBI-1.3.53.1987 untuk pembebanan statis dan SNI-1726-2002 untuk pembebanan gempa. *Output* yang dihasilkan berupa gaya dalam yang terjadi pada model struktur akibat kombinasi pembebanan, meliputi: momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial. Gaya dalam akibat kombinasi pembebanan inilah yang dimaksud dengan gaya *ultimit*.

### **Kapasitas Balok dan Pelat**

Kekuatan komponen struktur sangat ditentukan oleh terpenuhinya syarat kehandalan bahwa "kuat rencana harus lebih besar dari kuat perlu" atau kekuatan penampang harus mampu memikul beban kerja yang ada. Pada balok dan pelat lantai yang menerima beban lentur, kuat lentur rencana ( $\phi M_n$ ) harus lebih besar dari momen *ultimit* ( $M_u$ ).

Gaya geser yang terjadi pada komponen balok harus dapat diatasi oleh kuat geser rencana balok ( $\phi V_n$ ) yang merupakan gabungan dari kuat geser beton ( $V_c$ ) dengan kuat geser sengkang ( $V_s$ ). Kuat geser rencana harus lebih besar dari kuat geser *ultimit* yang timbul ( $V_u$ ). Kuat rencana yang dimiliki komponen balok dan pelat lantai kemudian dibandingkan dengan gaya *ultimit* terjadi, sehingga dapat diketahui kondisi kehandalan komponen strukturnya.



Gambar 1. Diagram interaksi kolom

### Kapasitas Kolom

Kekuatan penampang kolom dalam menerima beban kombinasi aksial-lateral yang terjadi ditentukan dengan diagram interaksi P-M, yaitu diagram yang menyatakan kapasitas gaya aksial terhadap beban kerja momen. Dengan diketahuinya mutu beton, mutu baja, dimensi penampang, jumlah dan diameter tulangan, maka kapasitas kekuatan kolom dapat digambarkan dalam bentuk kurva seperti pada Gambar 1.

Dengan memperhatikan Gambar 1, terdapat dua kriteria keruntuhan akibat kombinasi pembebanan, dimana bagi komponen kolom yang dominan menerima beban aksial terbesar dengan momen terkecil mengakibatkan keruntuhan tekan yang berada pada kurva yang diarsir, sedangkan bagi komponen kolom yang menerima beban aksial kolom dengan momen terbesar yang mengakibatkan kombinasi beban berada pada daerah tanpa arsir akan terjadi keruntuhan tarik. Untuk kombinasi beban-beban

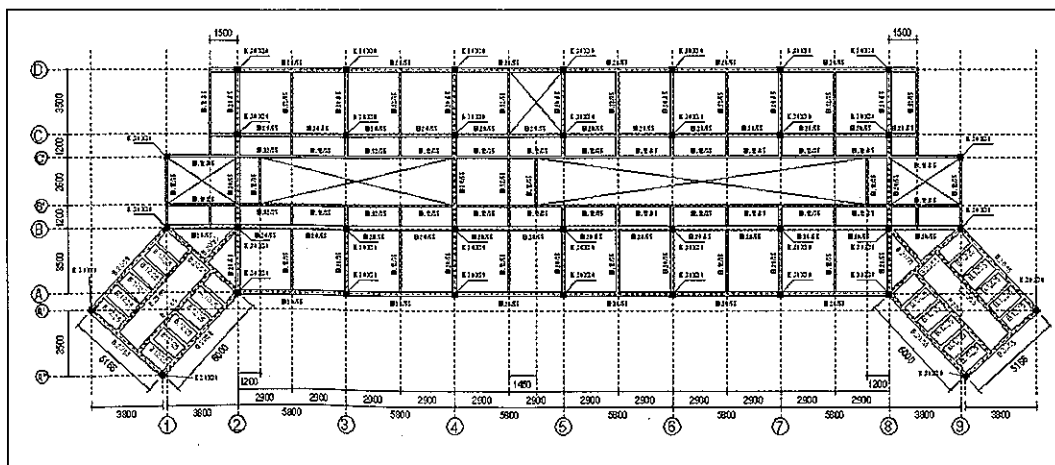
aksial-lateral yang berada di luar batas kurva  $\frac{1}{4}$  lingkaran, maka kapasitas daya dukung kolom tidak memenuhi persyaratan teknis (tidak aman), sehingga perlu dilakukan perkuatan komponen struktur tersebut.

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk mengevaluasi, apakah kondisi seluruh komponen struktur bangunan yang ada saat ini masih mampu mendukung beban-beban yang ada, bila tidak memenuhi maka dilakukan penambahan kapasitas. Perhitungan kapasitas kekuatan struktur beton berdasarkan pada SNI-1726-2002 dan SNI-03-2847-2006.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemeriksaan konfigurasi bangunan, Gedung Wisma Atlit Ragunan terdiri atas tiga lantai dengan tinggi tiap lantai 3,2 m, memiliki luas tiap lantai 12 x 42 m<sup>2</sup>. Arah memanjang bangunan dibentuk oleh empat portal (portal A, B, C, dan D), sedangkan arah melintang dibentuk oleh sembilan portal (portal 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9). Portal yang dimaksud adalah rangka struktur yang membentuk konstruksi bangunan pada arah memanjang dan arah melintang. Posisi portal memanjang dan melintang dapat dilihat pada Gambar 2.

Komponen bangunan seperti kolom, balok, pelat lantai, dan dinding secara visual pada lantai satu dan dua masih dalam kondisi baik, tidak terjadi lendutan, tidak terjadi keretakan struktural, atau penyimpangan lainnya karena tidak terkena api secara langsung. Sedangkan pada lantai tiga mengalami kerusakan sangat parah, karena terkena api secara langsung. Kerusakan-kerusakan yang dapat dilihat secara langsung di



Gambar 2. Denah struktur bangunan tipikal

**Tabel 1.** Hasil Identifikasi Tulangan Balok

Lantai	Komponen	Kode	Dimensi (mm <sup>2</sup> )	Diameter Tulangan		Diameter Sengkang	Jarak Sengkang (mm)		
				Atas	Bawah		d1	d2	d3
Atap	Ringbalk	A(2-3)	120X200	2Ø10	2Ø10	Ø8	170	170	180
Atap	Ringbalk	C(2-3)	120X200	2Ø10	2Ø10	Ø8	180	180	180
Atap	Ringbalk	C(5-6)	120X200	2Ø10	2Ø10	Ø8	200	230	210
Atap	Ringbalk	3(C-D)	120X200	2D13	2D13	Ø8	150	150	140
Atap	Ringbalk	5(C-D)	120X200	2D13	2D13	Ø8	140	150	150
Atap	Ringbalk	6(A-B)	120X200	2D13	2D13	Ø8	170	180	170
Lt. 2	Balok	C(4-5)	200/550	2D13	4D13	Ø8	80	110	90
Lt. 2	Balok	4'(B-C)	120/550	2D13	4D13	Ø8	90	100	90
Lt. 2	Balok	5(C-D)	200/350	2D13	4D13	Ø8	150	150	140
Lt. 2	Balok	8(B-C)	200/550	2D13	4D13	Ø8	100	100	110

**Tabel 2.** Hasil Identifikasi Tulangan Kolom

Lantai	Komponen	Kode	Dimensi (mm <sup>2</sup> )	Diameter		Jarak Sengkang (mm)		
				Tulangan	Sengkang	d1	d2	d3
Lt. 3	Kolom	2B	300 X 300	8D16	Ø8	100	120	100
Lt. 3	Kolom	3A	220 X 220	4D16	Ø8	130	120	130
Lt. 3	Kolom	3D	220 X 220	4D16	Ø8	120	120	130
Lt. 3	Kolom	6B	220 X 220	4D16	Ø8	130	130	125
Lt. 3	Kolom	6C	210 X 200	4D16	Ø8	130	140	120
Lt. 3	Kolom	8B	300 X 300	8D16	Ø8	100	115	100
Lt. 1	Kolom	9C'	325 X 325	8D16	Ø8	120	120	100
Lt. 1	Kolom	9"A'	325 X 325	8D16	Ø8	100	115	120

**Tabel 3.** Hasil Uji UPV

No.	Komponen	Kode	Cpt Rambat (Km/dt)	Homo- genitas	No.	Komponen	Kode	Cpt. Rambat (Km/dt)	Homo- genitas
1	Ringbalk	A,(1-2)	0.73	Kurang	11	Kolom Lt.2	2,B	2.38	Cukup
2	Ringbalk	A,(6-7)	0.67	Kurang	12	Kolom Lt.2	2,C	2.70	Cukup
3	Ringbalk	B,(7-8)	0.83	Kurang	13	Kolom Lt.2	3,B	2.65	Cukup
4	Ringbalk	C,(2-3)	0.65	Kurang	14	Kolom Lt.2	3,C	2.67	Cukup
5	Ringbalk	C,(5-6)	0.76	Kurang	15	Kolom Lt.2	5,B	2.94	Cukup
6	Ringbalk	2,(C-D)	2.12	Kurang	16	Kolom Lt.2	5,C	2.44	Cukup
7	Ringbalk	3,(A-B)	0.74	Kurang	17	Kolom Lt.2	6,B	2.55	Cukup
8	Ringbalk	5,(C-D)	0.67	Kurang	18	Kolom Lt.2	6,C	2.12	Kurang
9	Ringbalk	6,(A-B)	0.68	Kurang	19	Kolom Lt.2	8,B	2.37	Cukup
10	Ringbalk	8,(C-D)	1.11	Kurang	20	Kolom Lt.2	8,C	2.28	Cukup

**Tabel 4.** Hasil Uji Palu Beton

No.	Komponen	Kode	Kuat Tekan Silinder Ekuivalen (Kg/cm <sup>2</sup> ) (Mpa)		No.	Komponen	Kode	Kuat Tekan Silinder Ekuivalen (Kg/cm <sup>2</sup> ) (Mpa)	
1	Ring Balk	A,(1-2)	129	11	12	Plat Lt.3	(8-9),(A-B)	490	41
2	Ring Balk	A,(6-7)	207	17	13	Kolom Lt.2	2B	313	26
3	Ring Balk	B,(7-8)	186	15	14	Kolom Lt.2	2C	364	30
4	Ring Balk	C,(2-3)	199	17	15	Kolom Lt.2	3B	344	29
5	Ring Balk	C,(5-6)	125	10	16	Kolom Lt.2	3C	316	26
6	Ring Balk	2,(C-D)	359	30	17	Kolom Lt.2	5B	356	30
7	Ring Balk	3,(A-B)	142	12	18	Kolom Lt.2	5C	356	30
8	Ring Balk	5,(C-D)	159	13	19	Kolom Lt.2	6B	313	26
9	Ring Balk	6,(A-B)	145	12	20	Kolom Lt.2	6C	295	24
10	Ring Balk	8,(C-D)	327	27	21	Kolom Lt.2	8B	346	29
11	Plat Lt.3	(1-2),(A-B)	528	44	22	Kolom Lt.2	8C	369	31

lantai tiga berupa kerusakan rangka atap dan struktur kuda-kuda baja, kerusakan sebagian besar komponen kolom terutama pada portal memanjang bagian tengah (portal B dan C). Sedangkan pada portal luar (portal A dan D) sebagian kecil komponen kolom terlihat mengalami kemiringan. Sebagian besar komponen struktur balok ring di lantai tiga juga mengalami kerusakan yang cukup parah. Hampir sebagian besar terjadi keretakan sampai pecah pada ujung pertemuan dengan kolom. Kerusakan komponen non struktural dinding yang paling parah terjadi pada bagian tengah, yaitu mengalami penyimpangan ke arah horizontal, dan sebagian besar dinding mengalami kerusakan akibat terekspos secara langsung oleh api. Kerusakan juga terjadi pada elemen non struktural lain, seperti pintu dan jendela.

Dari pemeriksaan tulangan yang dilakukan dengan cara pembobokan komponen beton, diketahui kondisi tulangan masih baik. Jenis tulangan baja yang digunakan yaitu: baja polos diameter 8 mm dan 10 mm serta baja ulir diameter 13 mm dan 16 mm. Hasil pengukuran denah struktur dan dimensi komponen bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 dapat dilihat pada arah memanjang, portal A, B, C, dan D dibentuk oleh kolom  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  dan balok  $20 \times 55 \text{ cm}^2$ , sedangkan pada arah melintang, portal 1 dan 9 dibentuk oleh kolom  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  dan balok  $12 \times 35 \text{ cm}^2$ ; portal 2, 4, dan 8 dibentuk oleh kolom  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  dan balok  $20 \times 55 \text{ cm}^2$ ; portal 3, 5, 6, dan 7 dibentuk oleh kolom  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  dan balok  $20 \times 35 \text{ cm}^2$ . Data hasil pengukuran denah struktur dan dimensi komponen ini menjadi masukan dalam pemodelan struktur bangunan dengan bantuan program komputer.

### Hasil Identifikasi Tulangan

Identifikasi tulangan dilakukan pada komponen kolom utama, balok utama, balok anak, dan pelat lantai. Data yang diperoleh adalah diameter tulangan, posisi tulangan, dan jenis tulangan. Alat yang dipakai adalah profometer 5. Hasil identifikasi tulangan yaitu diameter dan jumlah tulangan utama serta diameter dan jarak sengkang dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tulangan utama balok dan *ringbalk* arah memanjang menggunakan baja ulir D13, sedangkan pada *ringbalk* arah melintang menggunakan baja polos  $\text{AE}10$ . Tulangan utama kolom menggunakan baja ulir D16. Hasil

identifikasi tulangan balok akan digunakan sebagai masukan dalam analisis kapasitas lentur dan kapasitas geser balok yang disajikan pada Tabel 6 dan 7, sedangkan hasil identifikasi tulangan kolom akan digunakan sebagai masukan dalam analisis kapasitas kolom yang membentuk diagram interaksi gaya aksial dengan momen pada kolom seperti disajikan dalam Gambar 5.

### Hasil Uji Cepat Rambat Gelombang Ultra (*Ultrasonic Pulse Velocity Test*)

Hasil uji UPV dapat dilihat pada Tabel 3, yang menunjukkan bahwa *ringbalk* sebagai komponen struktur yang terbakar memiliki homogenitas yang kurang. Hal ini mengindikasikan banyaknya retakan dan tingginya porositas pada komponen tersebut, sedangkan pada kolom lantai dua sebagai struktur yang tidak terbakar secara langsung, memiliki homogenitas yang cukup, menunjukkan kerapatan beton pada komponen tersebut masih memenuhi syarat.

Dari Tabel 3 diketahui bahwa cepat rambat gelombang ultrasonik pada komponen *ringbalk* berkisar antara  $0,65\text{--}2,12 \text{ Km/dt}$ , sehingga homogenitas beton pada komponen tersebut tergolong kurang, sebab nilainya di bawah  $2,13 \text{ Km/dt}$ . Kolom lantai 2 dengan kode 6,C memiliki nilai cepat rambat gelombang ultrasonik  $2,12 \text{ Km/dt}$  (dibawah  $2,13 \text{ Km/dt}$ ) sehingga homogenitas betonnya tergolong kurang, sedangkan komponen kolom yang lain memiliki nilai cepat rambat gelombang ultrasonik  $2,28\text{--}2,94 \text{ Km/dt}$ , berada pada kisaran nilai  $2,13 \text{ Km/dt}$  sampai  $3,05 \text{ Km/dt}$  sehingga homogenitas beton pada kolom tersebut tergolong cukup.

### Hasil Uji Palu Beton

Pengujian palu beton dilakukan pada komponen kolom, balok, dan pelat lantai untuk mengetahui mutu beton permukaan pada komponen yang diuji. Pemilihan titik dilakukan di lapangan diasumsikan dapat mewakili mutu beton komponen struktur. Secara keseluruhan jumlah titik uji yang telah diambil dari Wisma Atlit Ragunan dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari Tabel 4, diketahui sebaran mutu beton pada komponen struktur, baik yang terbakar secara langsung maupun yang tidak terbakar. Kuat tekan beton permukaan rata-rata pada komponen *ringbalk* sebesar  $15 \text{ Mpa}$ , pada plat lantai  $42 \text{ MPa}$ , dan pada kolom  $29 \text{ MPa}$ . Nilai

kuat tekan beton permukaan yang didapatkan relatif seragam pada tiap komponen struktur.

### Hasil Uji Kuat Tekan Beton Inti

Pengujian dilakukan di laboratorium terhadap benda uji berbentuk silinder yang diambil di lapangan dengan menggunakan alat bor inti (*core drill*) dengan diameter 10 cm sebanyak 10 buah.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Inti

No.	Komponen	Kode	Kuat Tekan Silinder Ekuivalen	
			(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Mpa)
1	Ring Balk	2(C-D)	94	8
2	Ring Balk	8(A-B)	111	9
3	Ring Balk	A(7-8)	56	5
4	Ring Balk	C(2-3)	69	6
5	Pelat Lt.3	(1-2),(A-B)	302	25
6	Pelat Lt.3	(8-9),(A-B)	210	17
7	Balok Lt.3	1(B-C)	135	11
8	Balok Lt. 3	9(B-C)	138	11
9	Kolom Lt.1	9"A'	116	10
10	Kolom Lt.1	9"A"	198	16

Kuat tekan beton untuk analisis diambil dari hasil uji tekan beton inti, karena nilai tersebut merupakan kuat tekan beton sesungguhnya di lapangan. Sedangkan data lainnya merupakan data penunjang untuk mengetahui kualitas material dan penyebaran mutu beton pada komponen struktur. Dari hasil pengujian didapat kuat tekan beton karakteristik rata-rata ekuivalen silinder diameter 15 cm sebagai berikut. Pada komponen struktur yang terbakar (*ringbalk*), nilai mutu beton  $f_c' = 6,8$  Mpa, sedangkan komponen struktur yang tidak terbakar secara langsung (kolom lantai 1 dan 2 serta balok dan plat lantai 2 dan 3), memiliki mutu beton  $f_c' = 15,2$  MPa.

### Kualitas Bahan

Untuk perhitungan struktur Gedung Wisma Atlet Ragunan, diambil mutu beton pada pada koponen yang tidak terbakar, yaitu  $f_c' = 15,2$  Mpa, sedangkan mutu beton pada *ringbalk* tidak diambil, karena dari hasil pengamatan visual dan uji UPV, struktur di atas lantai tiga sudah tidak layak untuk difungsikan kembali. Mutu baja tulangan jenis ulir adalah U.32 dengan  $f_y = 320$  MPa, sedangkan untuk tulangan polos adalah U.24 dengan  $f_y = 240$  MPa.

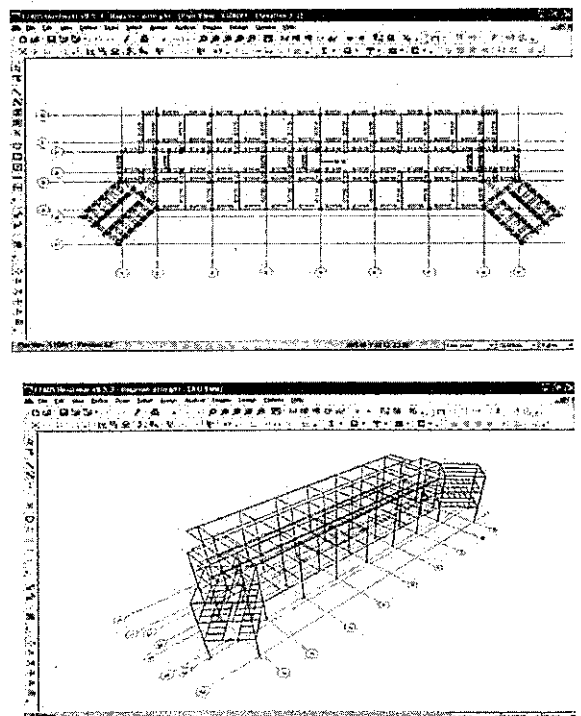
### Kondisi Lapangan dan Model Bangunan

Gedung Wisma Atlet ini berada di Jakarta, masuk dalam kategori wilayah gempa ke-3 dengan kondisi tanah lunak. Model struktur bangunan dianalisis sebagai portal beton rangka terbuka tiga dimensi, yang menerima beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Model yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3:

Gambar 3 menyajikan model grafis struktur bangunan dalam program komputer, data didapat dari hasil pemeriksaan konfigurasi dan pengukuran dimensi komponen struktur. Model bangunan berupa konstruksi rangka terbuka dengan tiga lantai, arah memanjang terdiri atas empat portal (A, B, C, dan D), arah memanjang terdiri dari 9 portal (portal 1 sampai 9). Model struktur ini kemudian dibebani oleh beban mati, beban hidup, dan beban gempa sehingga menghasilkan gaya dalam yang terjadi pada struktur bangunan.

### Analisis Struktur

Analisis struktur yang dilakukan dengan bantuan program ETABS V.8 menghasilkan informasi gaya dalam berupa momen lentur, gaya geser dan gaya aksial, yang terjadi akibat kombinasi pembebanan. Diagram gaya dalam yang didapat bisa dilihat dalam Gambar 4.



Gambar 3. Model struktur bangunan

Gambar 4 menyajikan gaya dalam yang terjadi pada portal utama. Pada lantai dua, balok yang mengalami gaya dalam maksimum adalah balok 4-5 dengan momen tumpuan sebesar 9,98 ton-meter, momen lapangan 6,11 ton-meter, dan gaya geser 8,95 ton. Pada lantai tiga, balok yang mengalami gaya dalam maksimum adalah balok 4-5 dengan momen tumpuan 10,14 ton-meter, momen lapangan 6,16 ton-meter, dan gaya geser 9,04 ton. Pada kolom lantai satu, gaya aksial maksimum terjadi pada kolom 2,C sebesar 73,16 ton, pada lantai dua, gaya aksial maksimum terjadi pada kolom 2,C sebesar 43,37 ton. Gaya dalam hasil analisis struktur akibat kombinasi beban mati, beban hidup, dan beban gempa, kemudian menjadi dasar penentuan gaya *ultimit*, yaitu gaya yang harus ditahan oleh kapasitas kekuatan komponen struktur.

### Kekuatan Lentur Komponen Balok

Kekuatan lentur balok ditentukan dengan membandingkan gaya dalam, berupa gaya lentur dan gaya geser hasil analisis struktur dengan kapasitas penampang balok. Hasil analisis kekuatan lentur balok ditampilkan pada Tabel 6.

Berdasarkan analisis kapasitas lentur pada komponen balok, sebagian besar komponen balok memenuhi syarat kekuatan lentur, kecuali balok C(2-3) dan C(4-5) lantai dua di bagian tumpuan

memiliki kapasitas lentur ( $\phi M_n$ ) sedikit lebih rendah dari beban *ultimit* yang terjadi ( $M_u$ ), sehingga perlu perkuatan. Perkuatan dilakukan pada tumpuan balok arah memanjang di lantai dua (portal A, B, C, dan D).

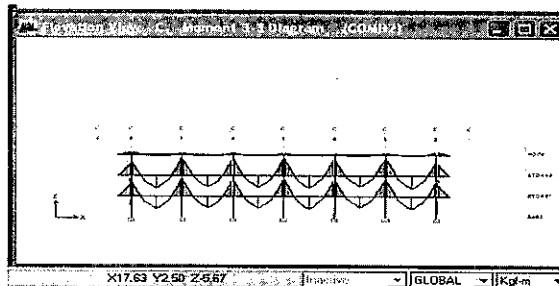
### Kekuatan Geser Komponen Balok

Hasil perhitungan kekuatan geser balok ditampilkan dalam Tabel 7.

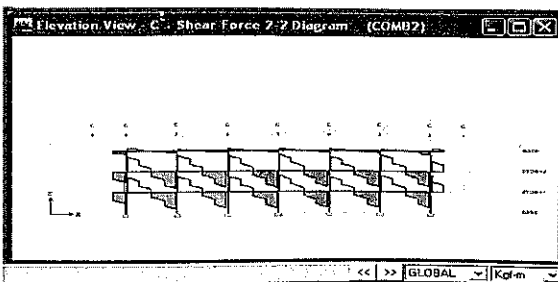
Berdasarkan tabel tersebut, kapasitas geser balok Wisma Atlit GOR Ragunan ( $0,6 V_n$ ) masih lebih besar dari gaya geser *ultimit* yang terjadi ( $V_u$ ), sehingga dapat disimpulkan seluruh komponen balok memenuhi syarat kekuatan geser yang diperlukan.

### Kekuatan Komponen Pelat Lantai

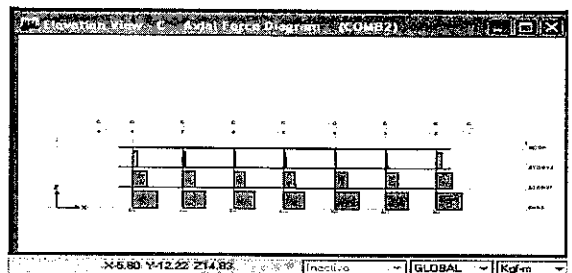
Berikut adalah hasil analisis kekuatan penampang pelat dengan tebal 12 cm dengan beban hidup  $250 \text{ kg/m}^2$ , yang memberikan gambaran kekuatan sesuai kondisi saat ini. Kekuatan ditentukan oleh dimensi, penulangan, mutu beton, dan mutu baja. Analisis kapasitas plat lantai disajikan dalam Tabel 8 berikut.



(a) Diagram momen lentur



(b) Diagram gaya geser



(c) Diagram gaya aksial

Gambar 4. Diagram gaya dalam hasil analisis struktur

**Tabel 6. Kapasitas Lentur Balok**

Kapasitas Lentur			Ø Mn ( t.m )	Mu ( t.m )	CEK
Komponen	Tingkat	Lokasi			
Balok 3(A-B)	Lantai 2	Tumpuan	5.302	4.715	Memenuhi Syarat
		Lapangan	4.269	1.473	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	Tumpuan	5.321	2.930	Memenuhi Syarat
		Lapangan	4.268	1.571	Memenuhi Syarat
Balok 4(A-B)	Lantai 2	Tumpuan	8.699	7.865	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.989	2.147	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	Tumpuan	8.721	4.520	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.988	2.313	Memenuhi Syarat
Balok 4(B-C)	Lantai 2	Tumpuan	8.702	7.463	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.982	3.559	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	Tumpuan	8.711	5.970	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.982	3.533	Memenuhi Syarat
Balok C(2-3)	Lantai 2	Tumpuan	10.416	10.893	Tidak Memenuhi
		Lapangan	6.969	6.093	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	Tumpuan	10.427	9.435	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.968	6.169	Memenuhi Syarat
Balok C(3-4)	Lantai 2	Tumpuan	10.422	10.022	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.973	5.274	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	Tumpuan	10.435	8.341	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.973	5.251	Memenuhi Syarat
Balok C(4-5)	Lantai 2	Tumpuan	10.415	10.992	Tidak Memenuhi
		Lapangan	6.968	6.120	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	Tumpuan	10.427	9.369	Memenuhi Syarat
		Lapangan	6.968	6.164	Memenuhi Syarat

**Tabel 7. Kapasitas Geser Balok**

Kapasitas Geser		Ø Vn ( t.m )	Vu ( t.m )	CEK
Komponen	Tingkat			
Balok 3(A-B)	Lantai 2	38.33	5.06	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	38.33	3.9	Memenuhi Syarat
Balok 4(A-B)	Lantai 2	62.67	7.04	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	62.67	5.55	Memenuhi Syarat
Balok 4(B-C)	Lantai 2	62.67	6.69	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	62.67	6.19	Memenuhi Syarat
Balok C(2-3)	Lantai 2	91.66	8.56	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	91.66	8.44	Memenuhi Syarat
Balok C(3-4)	Lantai 2	91.66	7.94	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	91.66	8.01	Memenuhi Syarat
Balok C(4-5)	Lantai 2	91.66	8.96	Memenuhi Syarat
	Lantai 3	91.66	8.78	Memenuhi Syarat



Tabel 8. Kapasitas Plat Lantai

Data Pelat :		Data Tulangan :	
b (mm)	1000	fy (MPa)	240
h (mm)	120	As'	Ø8-100
d' (mm)	30	As' (mm <sup>2</sup> )	502.7
d (mm)	90	As	Ø8-100
fc' (MPa)	15.2	As (mm <sup>2</sup> )	502.7
<b>Kapasitas :</b>			
a	0.44		
Mn	10830662	Nmm	
Mn	1.083	T.m	
0.8 Mn	0.866	T.m	
Mu max	0.513	T.m	
CEK	Memenuhi Syarat		

Pada tabel 8 diketahui data plat dengan tinggi (h) 120 mm, mutu beton (fc') 15,2 MPa, mutu baja (fy) 240 MPa, diameter tulangan utama (As) 8 mm dengan spasi tulangan 100 mm, dan panjang lengan momen (d) 90 mm. Hasil analisis kapasitas menunjukkan bahwa plat tersebut memiliki momen nominal (Mn) 1.083 ton-meter, sehingga momen yang diizinkan (0,8 Mn) adalah 0,866 ton-meter, momen izin ini lebih kecil dari momen *ultimit* (Mu) yang terjadi pada plat sebesar 0.513 ton-meter, sehingga plat dinyatakan memenuhi syarat kuat izin.

**Kekuatan Komponen Kolom**

Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan kekuatan kolom di setiap lantai yang menggambarkan kapasitas kekuatan kolom terhadap beban aksial dan momen yang bekerja, sesuai perhitungan diagram interaksi P-M.

Berikut tabel beban *ultimit* kolom 3C lantai satu dengan dimensi 325X325 mm<sup>2</sup> dan kolom 3C lantai dua dengan dimensi 300X300 mm<sup>2</sup>.

Besarnya gaya aksial dan momen yang terjadi kemudian dianalisis untuk mendapatkan grafik interaksi kolom seperti pada Gambar 5, di mana diagram interaksi gaya aksial (P) dan

Tabel 9. Beban Ultimit Kolom 3c Lantai 1

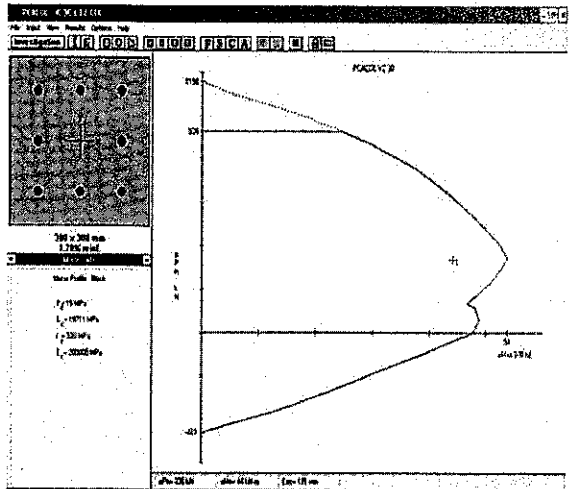
325X325	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
MAX	-202.12	33.56	30.39	0.04	54.92	56.20
MIN	-624.19	0.49	0.59	0.00	-25.61	-32.73

Tabel 10. Beban Ultimit Kolom 3c Lantai 2

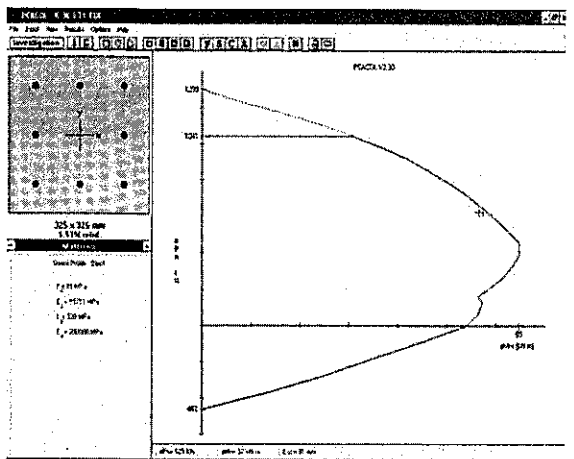
300X300	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
MAX	-115.02	28.63	22.85	0.03	33.79	44.23
MIN	-337.05	1.25	1.29	-0.02	-26.77	-31.64

momen (M) pada kolom di Wisma Atlit Ragunan, menunjukkan bahwa titik interaksi P-M kolom 325x325 di lantai satu dan kolom 300x300 di lantai dua seluruhnya berada dalam batas kurva kapasitas.

Gambar 5(a) menunjukkan kurva diagram interaksi gaya aksial dengan momen lentur yang terbentuk oleh kolom 3C lantai satu dengan dimensi 325 x 325 mm<sup>2</sup> dan tulangan baja diameter 16 mm sebanyak 8 batang, kombinasi beban aksial sebesar 624,19 KN dengan momen lentur 32,73 KN-m, kombinasi gaya dalam tersebut saat dibebankan pada kolom 3C lantai 1 satu ternyata berada dalam batas kurva diagram interaksi, sehingga kolom yang dimaksud memenuhi syarat kekuatan yang dibutuhkan. Gambar 5(b) menunjukkan kurva diagram interaksi gaya aksial dengan momen lentur yang terbentuk oleh kolom 3C lantai dua dengan dimensi 300 x 300 mm<sup>2</sup> dan tulangan baja diameter 16 mm sebanyak 8 batang, kombinasi



(a) diagram interaksi kolom 3C lantai 1



b) diagram interaksi kolom 3C lantai 2

Gambar 5. Diagram interaksi kolom 3C

beban aksial sebesar 337,05 KN dengan momen lentur 44,23 KN-m, kombinasi gaya dalam tersebut saat dibebankan pada kolom 3C lantai dua ternyata berada dalam batas kurva diagram interaksi, sehingga kolom yang dimaksud memenuhi syarat kekuatan yang dibutuhkan

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan terhadap Gedung Wisma Atlit Ragunan Jakarta, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

Kolom lantai satu dan dua masih memenuhi syarat kekuatan. Balok lantai dua arah melintang sudah memenuhi syarat, sedangkan balok lantai dua arah memanjang tidak memenuhi syarat kekuatan, yaitu pada bagian tumpuan. Balok lantai tiga seluruhnya memenuhi syarat, begitu juga dengan pelat lantai dua dan tiga masih memenuhi syarat kekuatan.

Hasil observasi lapangan dan pengujian komponen beton, menunjukkan bahwa struktur di atas lantai tiga (kolom lantai tiga dan *ringbalk*) tidak memenuhi syarat kekuatan, demikian pula dengan struktur rangka atap baja siku yang mengalami kerusakan parah, tidak dapat difungsikan kembali.

Secara umum struktur bangunan Wisma Atlit Ragunan tidak memenuhi syarat kehandalan struktur. Agar struktur bangunan Wisma Atlit Ragunan memenuhi syarat kehandalan sehingga dapat difungsikan kembali, diperlukan perbaikan balok lantai dua arah memanjang pada daerah tumpuannya, serta mengganti komponen struktur di atas lantai tiga, termasuk rangka atapnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Prof.Dr. Bambang Subiyanto selaku pembimbing dalam penyusunan naskah karya tulis ilmiah ini, juga kepada Ir. Sutadji Yuwasdiki, Dipl. E.Eng. selaku ketua tim survei gedung Wisma Atlit Ragunan, serta para teknisi yang

terlibat yaitu: Winarya, BE, Ismono, BE dan Sutisna, BE, yang telah membantu mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- <sup>1</sup>Badan Standardisasi Nasional. 1994. *SNI 03-3403-1994: Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Inti Pemboran*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>2</sup>Badan Standardisasi Nasional. 1997. *SNI 03-4430-1997: Metode Pengujian Elemen Struktur Beton dengan Alat Palu Beton Tipe N dan NR Struktur Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>3</sup>Badan Standardisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4802-1998: Metode Kecepatan Pulsa Melalui Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>4</sup>Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI 03-2492-2002: Metode Pengambilan dan Pengujian Beton Inti*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>5</sup>Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI 03-6898-2002: Tata Cara Pelaksanaan Pengambilan dan Pengujian Kuat Tekan Beton Inti*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>6</sup>Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI 07-2052-2002: Baja Tulanga Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>7</sup>Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI-1726-2002: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>8</sup>Badan Standardisasi Nasional. 2003. *SNI 03-6969-2003: Metode Pengujian untuk Pengukuran Panjang Beton Inti Hasil Pengeboran*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>9</sup>Badan Standardisasi Nasional. 2006. *SNI-03-2847-2006: Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- <sup>10</sup>Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1987. *SKBI-1.3.53.1987: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.