

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT PASCA BENCANA ALAM DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI WORKSHEET

Marwahyudi

Program Studi Disain Interior Universitas Sahid Surakarta

Email: yudhie_dsg@yahoo.co.id

Abstract

Building is a place of activity and interaction among it's occupants. Therefore, the protection of the strength of building structure must be noticed well. Some dangers that likely to happen are flood, earthquake and corrosive. This research is aimed at knowing the strength of concrete residue. The method used in this research are visual observation, destructive and non destructive test. Destructive method uses hammer test, while non destructive uses compression test machine. The result of hammer test is counted by normal and homogeneous data test. Then, the result of destructive and non destructive test are declared to be received if the width more than 80% the strength of concrete residue (250kg/cm^2). It can be concluded that the result of destructive, non destructive and analysis are the damage of building 10.1 %, wall 8.5 %, column 1.4 % (there are two column damage), beam 0.3 % (one beam damage). Several damages of building structure are strengthened by carbon fibre stripe.

Key words: *The Strength of concrete residue, Demage, Strength.*

Pendahuluan

Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan bertumbuhnya kebutuhan hidup manusia, menjadikan bertambahnya rumah hunian. Rumah hunian atau rumah tinggal ini merupakan kebutuhan pokok yang harus dipenuhi. Sehingga pertambahan manusia berbanding lurus dengan bertambahnya rumah. Hampir dapat dipastikan rumah dari bahan kayu, bambu yang bersifat tidak permanen akan tergeser dengan rumah yang berbahan dasar bata, batako yang bersifat permanen.

Kedepan penggunaan semen semakin meningkat Terbukti di daerah pedesaan semakin marak dalam hal penggunaan semen. Semuanya dikarenakan semakin menipisnya bahan kayu, yang mengakibatkan harga kayu menjadi mahal.

Menjadi menarik, jika yang menggunakan semen untuk bahan bangunan adalah orang yang belum paham. Akibat yang ditimbulkan adalah penggunaan semen yang kurang efisien dan optimum.

Memilih dan memilah dalam menggunakan semen deperlukan ketrampilan khusus agar hasilnya dapat optimum. Meskipun untuk plesteran atau konstruksi sederhana, harus tetap difikirkan dalam memilih semen, mengingat di Indonesia akhir-akhir ini sering terjadi gempa.

Gempa ini sering mengakibatkan kerusakan gedung. Kerusakan tersebut dari retak, mengelupas sampai roboh tergantung dari kekuatan yang melanda pada suatu daerah.

Kerusakan yang ditimbulkan oleh sebab alam memang perlu diantisipasi. Seperti kerusakan akibat gempa, akibat banjir, akibat angin.

Kedepan masyarakat diharapkan mampu dan memahami dalam hal mengantisipasi kejadian yang akan timbul. Sehingga jika terjadi jumlah kurbannya tidak akan banyak.

Permasalahan

Hasil dari analisis paparan diatas, dapat disimpulkan menjadi beberapa permasalahan, yaitu:

1. Ada kerusakan struktur pasca bencana alam.
2. Ada beberapa jenis kerusakan yang ditimbulkan.
3. Kekuatan struktur mengalami degradasi.

Tujuan Penulisan

Masyarakat sudah sering menggunakan bahkan sudah akrab dengan semen. Bahkan semua pruduk yang dihasilkan oleh semen semua orang sudah mengerti dan dapat membuatnya. Hal ini menjadi menarik untuk dikaji lebih lanjut.

Agar masyarakat dapat memahami tentang hasil yang dibuatnya dan kerusakan yang diakibatkan oleh alam, maka perlu adanya analisis mengenai kerusakan beton. Adapun analisis tersebut sebagai berikut:

1. Mengetahui kerusakan beton.
2. Mengetahui jenis kerusakan beton.
3. Mengetahui Kuat Tekan sisa pada struktur yang rusak.

Landasan Teori

Kerusakan akibat faktor alam pada gedung yang harus diperhatikan secara khusus adalah pada bagian struktur. Struktur paling berat menahan beban gedung. Hal ini dikarenakan semua berat dan beban akan disalurkan juga ditahan oleh struktur. Sebagian besar struktur gedung terbuat dari beton bertulang. Oleh sebab itu beton bertulang pada struktur ini perlu dianalisis secara tuntas.

Menurut Mustopo (1988), kajian kerusakan yang harus diperhatikan dalam menentukan pola kerusakan meliputi empat keadaan yaitu, sebagai berikut:

1. Pengamatan lapangan.
2. Informasi dan catatan-catatan.
3. Pengujian struktur.
4. Diagnosa penyebab kerusakan.

Menurut Tamim, (1988), identifikasi perbaikan beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Retak, ialah pecah pada beton dalam garis-garis yang relatif panjang dan sempit.
2. Lubang, ialah lubang yang relative dalam dan lebar pada beton.
3. Kelupas dangkal pada permukaan beton.

Menurut Bambang Suhendro, (2003) *Crack* dibedakan menjadi 3 macam adalah sebagai berikut:

1. Retak kecil : lebar<0,5 mm.
2. Retak sedang : lebar<0,5 mm - 1,2 mm.
3. Retak besar : lebar>1,2 mm..

Spalling dibedakan menjadi 3 macam adalah sebagai berikut:

1. Terkelupas ringan : dalam<20 mm.
2. terkelupas sedang : dalam>20 mm, baja tulangan belum kelihatan.
3. terkelupas berat: dalam>20 mm, baja tulangan sudah kelihatan.

Metode Penelitian

Pengambilan data menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer meliputi:

1. Pencatatan jenis kerusakan kolom.
2. Pencatatan jenis kerusakan balok.
3. Pencatatan jenis kerudsakan plat lantai.
4. Pengukuran volume kerusakan

Data sekunder adalah sebagai berikut:

1. Penyebab kerusakan komponen bangunan
2. Gambar bangunan
3. Mutu beton.

Pengambilan data menggunakan *purposive* random sampling, sehingga tidak semua obyek diambil datanya, akan tetapi obyek yang diambil adalah disesuaikan dengan tujuan penelitian dan diupayakan mewakili kondisi sebenarnya.

Menurut Sutrisno hadi, (2000), *purposive* random sampling adalah teknik pengambilan data yang pengambilan datanya berdasarkan tujuan tertentu.

Data yang diambil sebagai sampel adalah:

1. Non destruktif

Pengambilan data dengan cara tidak merusak dan mengambil 8 sampel data, dengan rician

- a. Kolom 4 buah (2 kondisi rusak dan 2 kondisi baik)
- b. Balok 2 buah (1 kondisi rusak dan 1 kondisi baik).
- c. Plat lantai 2 buah (1 kondisi rusak dan 1 kondisi baik).

2. Destruktif

Pengambilan data dengan cara merusak dan mengambil 3 sampel data, dengan rician

- a. Kolom 2 buah (1 kondisi baik dan 1 kondisi baik)
- b. Balok 1 buah (1 kondisi rusak).

Hasil data yang diperoleh diuji normalitas dan homogen data. Hal ini dikarenakan data yang diperoleh adalah data yang menurut lengkung Gauss, menurut PBI 1971 N.I-2 (Depertemen Pekerjaan Umum, 1971).

Setelah semua didapatkan data maka dihitung kuat tekan sisa beton dan dibandingkan dengan kuat tekan beton rencana.

Agar dalam menganalisa struktur mendapatkan hasil yang memuaskan dan lebih akurat maka perlu tahapan-tahapan penelitian. Adapun tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut:

- a. Tahap I : Mulai
- b. Tahap II : Visual, Studi literatur, Arah penelitian

- c. Tahap III : Penelitian, data primer dan sekunder.
- d. Tahap IV : Analisa Data, Hasil
- e. Tahap V : Selesai

Hasil dan Pembahasan

Masyarakat awam sangat kekurangan informasi kerusakan yang ada. Mereka hanya mampu menggunakan melihat akan tetapi belum mampu memprediksi kejadian yang akan timbul. Hal ini mengakibatkan kejadian yang ada dianggap tidak membahayakan individu. Tugas dari perguruan tinggi untuk menyelesaikan permasalahan ini dan hasilnya dapat dengan mudah digunakan oleh masyarakat.

Agar dapat menghasilkan yang optimum semua hasil dari produk dan sifat semen perlu adanya analisis yang mendalam. Semen apabila terkena air akan mengeras, jika sudah mengeras maka akan tidak dapat digunakan. Menurut Asroni, A (2005), campuran antara air dan semen akan membentuk pasta semen, yang berfungsi sebagai bahan ikat. Sedangkan pasir dan krikil merupakan bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan sekaligus sebagai bahan yang diikat oleh pasta semen.

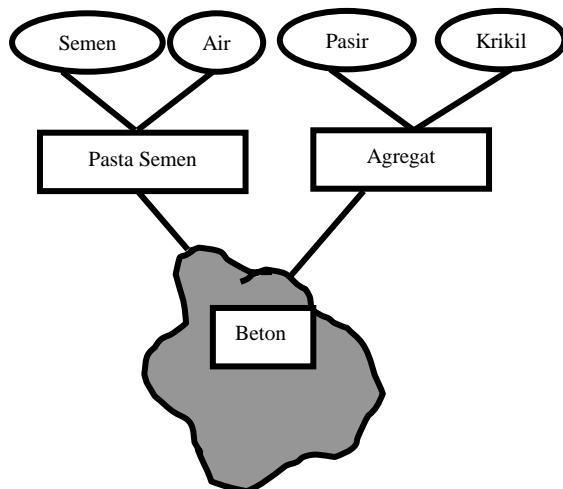
Menurut Kardiyyono, Tj (1996), semen sering disebut semen Portland, semen yang dipakai di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

1. Jenis I: Semen portland untuk penggunaan umum, tidak memerlukan syarat khusus.
 2. Jenis II: Semen portland untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang.
 3. Jenis III: Semen portland untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
 4. Jenis IV: Semen portland untuk beton panas hidrasi rendah.
 5. Jenis V: Semen portland untuk beton sangat tahan terhadap sulfat.
- PBI 1971 N. I – 2. (Departemen Pekerjaan Umum, 1979). Mengenai Semen:
1. Jenis-jenis semen yang ada:
 - a. Semen Portlan-tras.
 - b. Semen Alumuna.
 - c. Semen tahan sulfat.
 2. Pada beton non struktural selain menggunakan semen yang tersebut diatas dapat juga menggunakan semen tras kapur.

Pengamatan.

Beton merupakan campuran beberapa unsur yang menjadi satu kesatuan yang berfungsi menahan gaya tekan. Unsur tersebut adalah semen, air, agregat halus dan agregat kasar. Beberapa unsur ini berfungsi sesuai dengan fungsinya sendiri-sendiri.

Penyusun-penyusun beton maupun plesteran harus dapat membuat satu kesatuan yang kuat dan lekat. Sifat antar penyusun tidak boleh ada yang bertolak belakang, agar nantinya menjadi adonan yang kuat dan baik. Gambaran dari skema bahan penyusun beton dan plesteran pada gambar 1.



Gambar 1 Skema bahan susun beton.

Semen. Pengamatan pada semen dapat dilakukan dengan pancha indra yaitu dilakukan dengan pengamatan mata dan diraba dengan tangan. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi semen. Apakah semen masih halus atau sudah ada yang meneras. Mengingat apabila semen yang sudah mengeras tidak dapat digunakan sebagai bahan pengikat agregat maka perlu diwaspadai kondisi semen tersebut.

Semen yang digunakan untuk pembuatan beton, yaitu semen yang berbutir halus. Kehalusan butir semen ini dapat diraba/dirasakan dengan tangan. Semen yang tercampur/mengandung gumpalan meskipun kecil, tidak baik untuk pembuatan beton, Asroni, A, (2005).

Mestinya masyarakat mengerti akan kwalitas semen ini. Minimal apabila sudah mengeras jangan dibeli. Hal ini dimaksudkan agar semen dapat berfungsi secara maksimal.

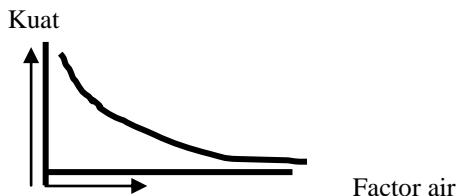
Air. Air yang diminum pada dasarnya dapat dipastikan bagus untuk pembuatan beton. Karena air yang dapat diminum sudah tidak mengandung zat yang merugikan manusia. Jika air tidak meracuni manusia, maka baik digunakan untuk plesteran dan beton.

Air yang dapat digunakan untuk pembuatan dan perawatan beton tersebut harus tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton, menurut PBI 1971 N. I – 2. (Departemen Pekerjaan Umum, 1979).

Jumlah air yang digunakan untuk plesteran dan campuran beton pada umumnya dihitung berdasarkan nilai perbandingan berat air dengan berat semen dan sering disebut faktor air semen (*water cement factor*).

water cement factor juga akan mempengaruhi dalam pengrajan beton. Semakin encer beton, semakin mudah dikerjakan (*workability*). Tetapi perlu diingat, terlalu encer juga akan mengurangi kekuatan beton.

Fenomena diatas dapat digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik tersebut mengenai hubungan kuat tekan dengan faktor air semen.



Gambar 2 Grafik hubungan factor air semen dengan kuat tekan beton.

Agregat Halus dan Agregat Kasar.

Menurut standart SK SNI T – 15 -1991 – 03 (Departemen Pekerjaan Umum, 1991).

1. Agregat adalah material granular, misalnya pasir, krikil, batu pecah, kerak tungku besi, yang dipakai sama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.
2. Agregat ringan adalah agregat yang dalam keadaan kering dan gembur mempunyai berat 1100 kg/m^3 atau kurang.
3. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi “alami” dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 5,0 mm.
4. Agregat kasar adalah kerikil alam sebagai hasil desintegrasi “alami” dari batuan atau berupa batu pecah yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran 5,0 – 40,0 mm.
5. Adukan adalah campuran antara agregat halus dan semen portland atau sembarang semen hidraulik lainnya dan air.

Menurut Asroni, A (2005), Pasir yang digunakan sebagai bahan beton, harus memenuhi syarat:

1. Berbutir tajam dan keras.
2. Bersifat kekal, yaitu tidak mudah lapuk/hancur oleh perubahan cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 5% dari berat kering. Jika kandungan lumpur lebih dari 5%, maka pasir harus dicuci.
4. Tidak boleh mengandung pasir laut (kecuali dengan petunjuk staf ahli), karena pasir laut ini banyak mengandung garam.

Kerikil atau batu pecah yang digunakan sebagai bahan beton, harus memenuhi syarat:

1. Bersifat padat dan keras, juga tidak berpori.
2. Harus bersih, tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 1%. Jika kandungan Lumpur lebih dari 1%, maka kerikil atau batu pecah harus dicuci.
3. Pada keadaan terpaksa, dapat dipakai kerikil bulat.

Analisis Semen

Bahan-bahan pembuat semen perlu dipahami. Apabila bahan-bahan penyusun sudah dapat dipahami, maka kita akan dengan mudah memaksimalkan kelebihan semen. Agar semua dapat dipahami maka perlu adanya analisis yang mendalam tentang.

Analisis pada semen yang dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif hasilnya tidak berbentuk angka, tetapi

berbentuk sifat. Alat yang digunakan adalah pancaindra dan hasilnya adalah: warna halus, kasar, bau. Sedangkan kuantitatif hasilnya menunjukkan angka, misalnya volume, berat, kadar/persentase.

Analisis kualitatif tanpa menentukan nilai dapat dilakukan dengan cara:

1. Analisa pancaindra.
2. Analisa Anion Kation.

Analisis kuantitatif dengan menentukan nilai dapat dilakukan dengan cara:

1. Analisa volume.
2. Analisa berat.
3. Analisa kecepatan merambat.

Pengujian Kekuatan Beton

Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh semen. Mengingat semen adalah bahan pokok dalam unsur pengikat. Jika kondisi agregat halus dan kasar sama-sama bersih dan semen yang digunakan dari produk yang berbeda maka hasil ukur kuat tekan beton akan tetap berbeda. Seperti yang sudah dilakukan oleh Kardiyono, Tj (1996),

Kardiyono, Tj, (1996), Melakukan percobaan pada 5 jenis semen pada adukan beton, ternyata kelima jenis semen tersebut mempunyai kekuatan tekan yang berbeda dan jumlah kandungan semen yang digunakan pada adukan juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Menurut Standart SK SNI T – 15 -1991 – 03 (Departemen Pekerjaan Umum, 1991), kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencanaan struktur (benda uji berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam mega paskal (M.pa). Bila nantinya nilai f'_c dibawah tanda akar, maka hanya nilai numeric dalam tanda akar yang dipakai dan hasilnya tetap mempunyai satuan mega paskal (M.pa).

Kuat tekan yang dihasilkan dapat dicari dan dihitung besarnya. Sesuai aturan cara menghitungnya dengan mengambil beberapa sampel yang ada dengan menggunakan alat *Hammer Test* dan atau *Compression Test Machine*. Kemudian dari data-data tersebut dihitung dengan rumus.

Hammer Test adalah alat untuk mengukur kuat tekan beton yang bekerja berdasarkan prinsip energi dan termasuk metode non destruktif atau bersifat tidak merusak konstruksi. Sehingga apabila kita menggunakan alat *hammer test* strukturnya tidak terpengaruh dan tidak mengurangi kekuatan yang ada. Alat ini dapat digunakan di balok, plat, kolom, dinding, tangga, dan atap. Alat ini sangat mudah digunakan dan mudah dibawa.



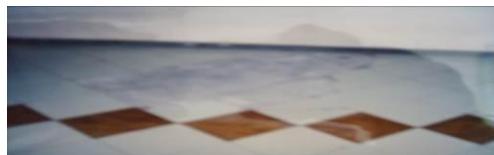
Gambar 3a Gambar contoh kerusakan pada balok beton.



Gambar 3b Gambar contoh kerusakan pada balok beton.



Gambar 3c Gambar contoh kerusakan pada balok beton.



Gambar 4 Gambar contoh kerusakan pada lantai.

Syarat pengambilan data dengan alat *Hammer Test*:

1. Daerah pengujian harus rata, licin dan pada tempat yang terjadi perlemahan.
2. Dalam area pengujian 20 cm x 20cm, sebaiknya tidak kurang dari 5-10 tumbukan dan diharapkan minimal sampelnya 20.
3. Pengambilan pengujian jangan pada daerah keropos dan pada daerah yang agregatnya besar.
4. Interpretasikan kekuatan tekan berdasarkan harga rata-rata hasil pengujian.
5. Interpretasikan kekuatan tekan beton dibantu dengan grafik.



Gambar 5 Gambar contoh pengambilan data balok yang rusak.



Gambar 6 Hammer test bersifat non destruktif

Seperti *Hammer Test*, pada *Compression Test Machine* mempunyai tujuan mengetahui kuat tekan beton. Cara kerja alat ini mengambil benda uji yang berbentuk silinder atau berbentuk balok. Jika benda uji berbentuk balok dan hasilnya dikonfersikan ke bentuk silinder. Benda uji diharapkan mempunyai luas permukaan $19,625 \text{ cm}^2$ ($d=5\text{cm}$) sampai dengan $490,625 \text{ cm}^2$ ($d=25\text{cm}$). Pengambilan benda uji dengan cara melobangi beton, lalu benda uji dibawa kelaboratorium untuk dihitung kuat tekannya. Dengan demikian dengan alat *Compression Test Machine* bersifat destruktif atau bersifat merusak konstruksi dan struktur akan terpengaruh, maka dalam pengambilan sampel harus berhati-hati.

Salah satu contoh alat *Compression Test Machine* yang digunakan di laboratorium teknik.



Gambar 7 Compression test machine bersifat destruktif

Kuat tekan beton, semakin lama semakin bertambah kuat. Kekuatan beton akan mencapai 100% jika mencapai umur 28 hari.

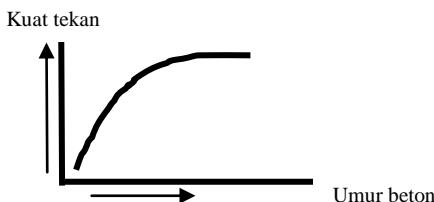
Tabel 1 Hubungan kuat tekan dengan umur beton

Umur	Kuat tekan beton %
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, (1979)

Alat ini dapat digunakan untuk menguji segala jenis beton juga harus difahami bahwa alat ini sangat ada yang besar dan ada yang kecil tergantung kemampuannya.

Dari kuat tekan dan umur beton dapat digambar dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 8 Grafik hubungan umur beton dengan kuat tekan beton.

Menurut Kardiyyono, Tj (1996), apabila tinggi kurang dari dua kali diameter, maka perlu adanya faktor koreksi. Adapun faktor koreksi tersebut adalah:

Tabel 2 Faktor koreksi kuat tekan silinder beton

Perbandingan tinggi dan diameter	Faktor koreksi
2,00	1,00

1,75	0,99
1,50	0,97
1,25	0,94
1,00	0,91

Sumber: Kardiyo, Tj. (1996)

Menurut PBI 1971 N. I – 2. (Departemen Pekerjaan Umum, 1979), Beton adalah suatu bahan konstruksi yang mempunyai kekuatan tekan khas. Apabila diukur dalam jumlah besar benda-benda uji, nilainya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu. Penyebarannya mengikuti lengkung *Gauss*, jadi ukuran dari mutu pelaksanaannya, adalah standart deviasi sesuai rumus:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (\sigma' b - \sigma' b_m)^2}{N - 1}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma' b_k = \sigma' b_m - 1,64s \quad \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

s = standart deviasi (kg/cm^2).

$\sigma' b$ = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2).

$\sigma' b_m$ = kekuatan tekan beton rata-rata benda uji (kg/cm^2).

N = jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan. Jumlah benda uji minimal 20 buah.

$\sigma' b_k$ = kekuatan beton karakteristik (kg/cm^2).

Sebelum nilai $\sigma' b_k$ dihitung, data yang didapat harus dianalisis mengenai sebaran data. Analisis data tersebut mengenai distribusi normal dan mempunyai data yang sejenis. Jika sudah memenuhi persyaratan data baru dapat digunakan dan $\sigma' b_k$ dapat dianalisis. Tahapan ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan dalam mengukur benda uji beton.

Menurut PBI 1971 N. I – 2. (Departemen Pekerjaan Umum, 1979), data kuat tekan beton adalah menurut lengkung gauss atau berdistribusi normal. Sehingga perlu adanya uji normalitas dan uji homogen. Uji normalitas dan uji homogen dapat dihitung dengan menggunakan matematika statistik. Penghitungan normalitas data dan homogen data menggunakan pendapat dari Sudjana.

Kami sampaikan contoh perhitungan kuat tekan beton sisa. Perhitungan sejenis berlaku sampai pada semua sampel penelitian.

Uji Normalitas

Menurut Sudjana, (2003):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2(x-\mu)^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Berdistribusi normal apabila hasilnya antara -1 sampai dengan 1 (-1 < x < 1)

Keterangan :

σ = Simpangan baku / standart deviasi

π = Rata-rata

$e = 3,1416$

$\mu = 2,7183$

Tabel 3 Perhitungan kuat tekan beton sisa setelah bencana.

No	Posisi	Data	W	Δ	W max	W min	σ_{bm}	$\sigma_{bm-Wmax}$	$\sigma_{bm-Wmin}$	$(\sigma_{bm}-Wmax)^2$	$(\sigma_{bm}-Wmax)^2$	s	σ_{bm}	Keterangan
1														$80\% \times 250 = 200 \text{ kg/cm}^2$
2														
3														
4														
5														
7	1	43	39	6.96	45.95	32.05	7.92	-5.98	62.7264	35.7604				
8	2	40	33	6.65	39.65	26.35	1.62	-11.68	2.6244	136.4224	6.195	27.808		
9	3	39	31	6.55	37.55	24.45	-0.48	-13.58	0.2304		184.4164			
10	4	44	41	7.05	48.05	33.95	10.02	-4.08	100.4004		16.6464			
11	5	47	47	7.35	54.35	39.65	16.32	1.62	266.3424		2.6244			
12	6	40	33	6.65	39.65	26.35	1.62	-11.68	2.6244	136.4224				
13	7	43	39	6.95	45.95	32.05	7.92	-5.98	62.7264	35.7604				
14	8	42.5	38	6.9	44.9	31.1	6.87	-6.93	47.1969		48.0245			
15	9	43.5	40	7	47	33	8.97	-5.03	80.4609		25.3005			
16	10	48	49	7.45	56.45	41.55	18.42	3.52	339.2964		12.3904			
17	11	42	37	6.85	43.85	30.15	5.82	-7.88	33.8724		62.0944			
18	12	42.5	39	6.95	45.95	32.05	7.92	-5.98	62.7264	35.7604				
19	13	42.5	38	6.9	44.9	31.1	6.87	-6.93	47.1969		48.0245			
20	14	38.5	30	6.5	36.5	23.5	-1.53	-14.53	2.3409	211.1209				
21	15	42.5	38	6.9	44.9	31.1	6.87	-6.93	47.1969		48.0245			
22	16	42	37	6.85	43.85	30.15	5.82	-7.88	33.8724		62.0944			
23	17	46	44.8	7.23	52.03	37.57	-14	-0.46	196		0.2116			
24	18	40	33	6.65	39.65	26.35	1.62	-11.68	2.6244	136.4224				
25	19	38	29	6.45	35.45	22.55	-2.58	-15.48	6.6564	239.6304				
26	20	42	37	6.73	43.03	37.57	-4.4	-0.46	196		0.2116			

Apabila dengan rumus di atas tidak dapat, maka dengan menggunakan metode grafis. Sebagai sumbu horizontal adalah data kurang dari dan sumbu vertical adalah data frekwensi dalam persen. Jika data tersebut dihubungkan akan membentuk garis lurus atau mendekati garis lurus, maka dapat dianggap data tersebut berdistribusi normal.

Uji Homogen

Apabila nilai dari Mean, Median, Modus, sama atau mendekati sama, maka data tersebut dapat dikatakan homogen.

Kami sampaikan contoh perhitungan kuat tekan beton sisa. Perhitungan sejenis berlaku sampai pada semua sampel penelitian.

Kerusakan beton.

Kerusakan beton yang sering adalah retak, mengelupas, bahkan sampai robuh. Penyebab kerusakan diakibatkan oleh umur, angin gerakan tanah, bencana alam.

Menurut Suhendro, B, (2003), Kerusakan pada beton meliputi *Crack*, *Spalling*. *Crack* dan dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

1. Retak kecil : Lebar retak < 0.5 mm.
2. Retak sedang: Lebar retak 0.5-1.2 mm
3. Retak besar: Lebar retak >1.2 mm.

Tabel 4 Tabel perhitungan nornalitas dan homogen data.

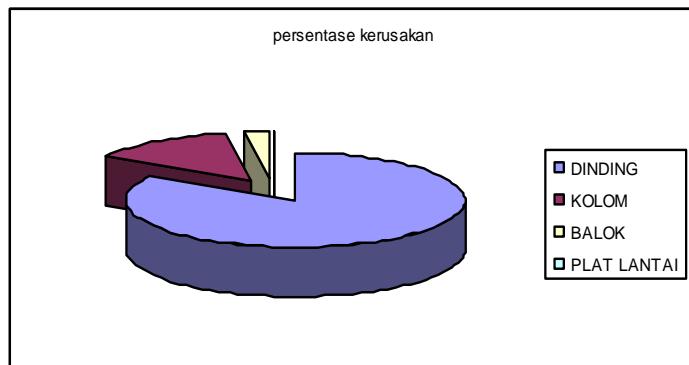
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
40	Syarat Normalitas data adalah nilai -1<x<1.									
41										
42	UJI HOMOGEN DAN NORMALITAS DATA									
43										
44										
45	No	Posisi	Data	Mean ($\Sigma x/n$)	Median ((n-1)/2)	Modus n banyak	σ $\sqrt{((x-\bar{x})^2/n)}$	$1/(\sigma \sqrt{2\pi})$ $x=(0,3989/\sigma)$	$1/(x-\mu) * e^{-1/2((x-\mu)/\sigma)^2}$	$1/(\sigma \sqrt{2\pi}) * e^{-1/2((x-\mu)/\sigma)^2}$ Nilai -1<x<1
46	1	2	47	40,825	42	42	5,859340833	14,88347	0,06807933	-40,75692067 48,38438281
48	1		44							
49	2		43							
50	3		46,5							
51	4		39							
52	5		41							
53	6		40							
54	7		41							
55	8		45							
56	9		48							
57	10		36							
58	11		34							
59	12		22							
60	13		42							
61	14		40							
62	15		42							
63	16		42							
64	17		42							
65	18		34							
66	19		48							
67	20		42							

Spalling dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

1. Terkelupas ringan : dalam<20 mm.
2. Terkelupas sedang : dalam>20 mm baja tulangan belum kelihatan.
3. Terkelupas berat : dalam>20 mm baja tulangan sudah kelihatan.

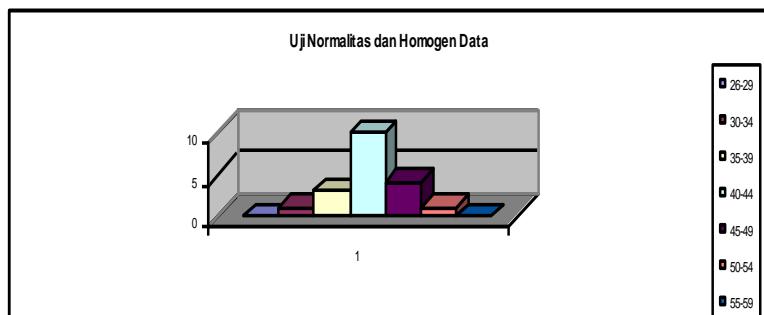


Gambar 9 Grafik Hasil analisis visual kerusakan gedung

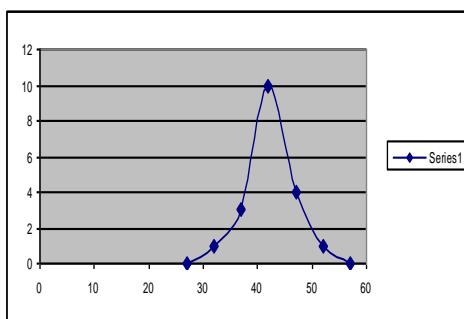


Gambar 10 Grafik Hasil prosentase kerusakan gedung.

Hasil analisis Homogen dan Normalitas data diambil satu contoh saja. Tetapi analisis ini berlaku untuk semua data



Gambar 11 Grafik Hasil prosentase kerusakan gedung.



Gambar 12 Grafik hasil prosentase kerusakan gedung.



Gambar 13 Grafik hasil kuat tekan beton sisa.

Menurut Standart SK SNI T-15-1991-03 (Departemen Pekerjaan Umum, 1991):

1. Bagian struktur yang diuji menunjukkan gejala keruntuhan yang terlihat secara nyata, maka bagian struktur tersebut tidak boleh diuji ulang.
2. Bagian struktur yang diuji dikatakan memuaskan bila:
 - a. Bagian struktur yang iuji tidak menunjukkan gejala keruntuhan yang terlihat secara nyata.
 - b. Pemulihan kekuatan pada uji coba minimal 75% dari kekuatan rencana, apabila tidak memenuhi boleh diuji ulang tapi kekuatannya harus memenuhi 80% dari kekuatan rencana.
3. Struktur yang diteliti tidak memenuhi ketentuan. Pejabat bangunan yang berwenang dapat menyetujui penggunaan bangunan tersebut untuk tingkat pembebanan yang lebih rendah berdasarkan hasil uji atau analisis.
4. Bila terjadi suatu keraguan mengenai keamanan dari suatu struktur atau komponen struktur, pejabat bangunan yang berwenang boleh meminta suatu penelitian terhadap kekuatan struktur dengan cara analisis ataupun dengan cara uji beban, atau dengan kombinasi dari analisis dan uji beban.

Simpulan

Kuat tekan beton dapat dicari dengan dua metode yaitu destruktif dan non destruktif. Metode non destruktif dengan menggunakan alat *hammer test* dan metode destruktif menggunakan alat *compression test machine*. Kerusakan beton terdiri dari retak, mengelupas dan yang paling berat adalah bangunan roboh.

Hasil penelitian non destruktif dihitung normalitas dan homogen. Setelah itu dihitung kekeuatan sisa yang masih ada. Titik pengambilan data hammer test peneliti menggunakan delapan titik. Pada jurnal ini peneliti hannya menampilkan contoh perhitungan. Hal ini penulis lakukan mengingat tempat yang kurang memungkinkan jika ditampilkan semua hasil perhitungan.

Sesuai dengan persyaratan dan hasil dari analisis diatas maka dapat disimpulkan untuk Titik IV dan VI dibawah 200 Kg/cm^2 . Sehingga kedua titik ini perlu adanya perkuatan. Perkuatan struktur yang tidak memenuhi persyaratan, diperkuat dengan *carbon fibre stripe*. Sehingga kekuatannya dapat memenuhi persyaratan yang diijinkan.

Daftar Pustaka

- Asroni, A. 2001. *Struktur Beton*, Penerbit UMS, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum.1971. *Standar Beton Bertulang Indonesia*, N. I-2, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum.1991. *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SK SNI. T-15-1991-03, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1993. *Pedoman Standarisasi Dan Pedoman Penyelenggaraan Pembangunan Gedung Negara*, Penerbit DPU, Jakarta.
- Hadi, S. 2000. *Statistik*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Lumantara, B. 2001. *Analisis Dinamis Dan Gempa*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Marwahyudi. 2003. *Analisis Pasca Gempa Gedung LP3 Sahid Surakarta*, Tesis S2 Magister Teknik Sipil UMS.
- Moestopo. 1998. *Teknik Pemeliharaan Dan Perawatan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sudjana, N. 1996. *Metode Statistik*, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Suhendro, B. 2003. *Infrastrucure Management System*, Seminar Nasional Penenggulangan, Pendekripsi dan Penyelesaian Kerusakan Pada Bangunan Sipil, Surakarta.
- Somantri, A. dan Ali Muhidin, S. 2006. *Statistik Dan Penelitian*, Penerbit Pustaka Setia, Bandung.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.