

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 its 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 damaged building structure are strengthened by carbon fibre stripe.

Key words: The Strength of concrete residue, Damage, 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 pertumbuhan 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 diperlukan 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 kerusakan 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 rusak)
- 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 (Departemen 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.

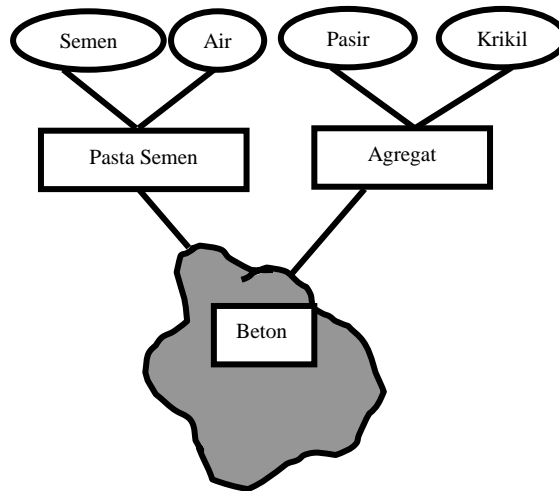
Menurut Kardiyo, Tj (1996), semen sering disebut semen Portland, semen yang dipakai di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

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 panca 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).

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

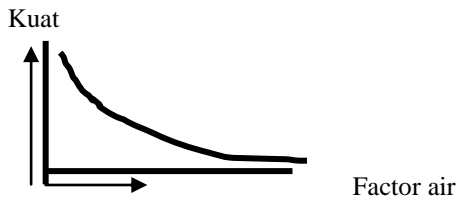
Air. Air yang diminum pada dasarnya dapat dipastikan bagus untuk pembuatan beton. Karena air yang dapat diminum sudah tidak mengandung zat yang merugikan manusia. Jika air tidak meracuni manusia, maka baik digunakan untuk plesteran dan beton.

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 factor air semen (*water cement factor*).

water cement factor juga akan mempengaruhi dalam pengerjaan 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 factor 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 portlan atau sembarang semen hidroulik 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 semuanya 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 pascal (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 pascal (M.pa).

Kuat tekan yang dihasilkan dapat dicari dan dihitung besarnya. Sesuai aturan cara menghitungnya dengan mengambil beberapa sampl 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 dikonversikan 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 ke laboratorium 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.

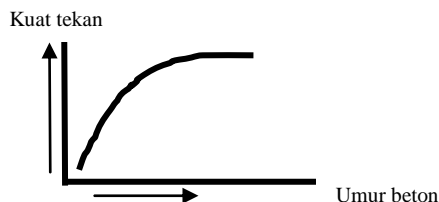
Tabel 1 Hubungan kuat tekan dengan umur beton

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 Kardiyono, Tj (1996), apabila tinggi kurang dari dua kali diameter, maka perlu adanya factor 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: Kardiyono, 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:

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

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

Keterangan:

s = standart deviasi (kg/cm²).

$\sigma' b$ = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm²).

$\sigma' b_m$ = kekuatan tekan beton rata-rata benda uji (kg/cm²).

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

$\sigma' b_k$ = kekuatan beton karateristik (kg/cm²).

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):

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

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.

Microsoft Excel - Kuat.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Arial 10 B U

B66 7

1 Kuat tekan beton karakteristik rencana 250 kg/cm² (80%250 = 200kg/cm²)

2 Syarat beton struktural dapat dipergunakan kembali seperti rencana bila memenuhi $\sigma_{bk} \geq 80\% \sigma_b$ rencana

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032

1033

1034

1035

1036

1037

1038

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

1066

1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076

1077

1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

1086

1087

1088

1089

1090

1091

1092

1093

1094

1095

1096

1097

1098

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

1127

1128

1129

1130

1131

1132

1133

1134

1135

1136

1137

1138

1139

1140

1141

1142

1143

1144

1145

1146

1147

1148

1149

1150

1151

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1186

1187

1188

1189

1190

1191

1192

1193

1194

1195

1196

1197

1198

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

1237

1238

1239

1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

1260

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

1273

1274

1275

1276

1277

1278

1279

1280

1281

1282

1283

1284

1285

1286

1287

1288

1289

1290

1291

1292

1293

1294

1295

1296

1297

1298

1299

1300

1301

1302

1303

1304

1305

1306

1307

1308

1309

1310

1311

1312

1313

1314

1315

1316

1317

1318

1319

1320

1321

1322

1323

1324

1325

1326

1327

1328

1329

1330

1331

1332

1333

1334

1335

1336

1337

1338

1339

1340

1341

1342

1343

1344

1345

1346

1347

1348

1349

1350

1351

1352

1353

1354

1355

1356

1357

1358

1359

1360

1361

1362

1363

1364

1365

1366

1367

1368

1369

1370

1371

1372

1373

1374

1375

1376

1377

1378

1379

1380

1381

1382

1383

1384

1385

1386

1387

1388

1389

1390

1391

1392

1393

1394

1395

1396

1397

1398

1399

1400

1401

1402

1403

1404

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411

1412

1413

1414

1415

1416

1417

1418

1419

1420

1421

1422

1423

1424

1425

1426

1427

1428

1429

1430

1431

1432

1433

1434

1435

1436

1437

1438

1439

1440

1441

1442

1443

1444

1445

1446

1447

1448

1449

1450

1451

1452

1453

1454

1455

1456

1457

1458

1459

1460

1461

1462

1463

1464

1465

1466

1467

1468

1469

1470

1471

1472

1473

1474

1475

1476

1477

1478

1479

1480

1481

1482

1483

1484

1485

148

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 roboh. 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:

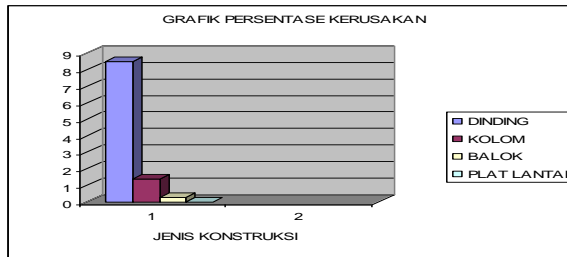
1. Retak kecil : Lebar retak < 0.5 mm.
2. Retak sedang: Lebar retak $0.5-1.2$ mm
3. Retak besar: Lebar retak > 1.2 mm.

Tabel 4 Tabel perhitungan normalitas 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 ($\sum x/n$)	Median ($((n-1)/2)$)	Modus n banyak	σ $\sqrt{((x-\mu)^2/n)}$	$1/(\sigma \sqrt{2\pi})$ $x=(0.3989/\sigma)$	$1/(\sigma \sqrt{2\pi}) * e^{-1/2((x-\mu)/\sigma)^2}$ $(x-\mu)$	$1/(\sigma \sqrt{2\pi}) * e^{-1/2((x-\mu)/\sigma)^2}$ Nilai $-1 < x < 1$
46										
48	1		47	40,825	42	42	5,859340633	14,68347	0,06807933	-40,75692067
49	2		44							48,36436281
50	3		43					0,068104		3,11454E-11
51	4		46,5							
52	5		39							
53	6		41							
54	7		40							
55	8		41							
56	9		45							
57	10		48							
58	11		36							
59	12		34							
60	13		22							
61	14		42							
62	15		40							
63	16		42							
64	17		42							
65	18		34							
66	19		46							
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.

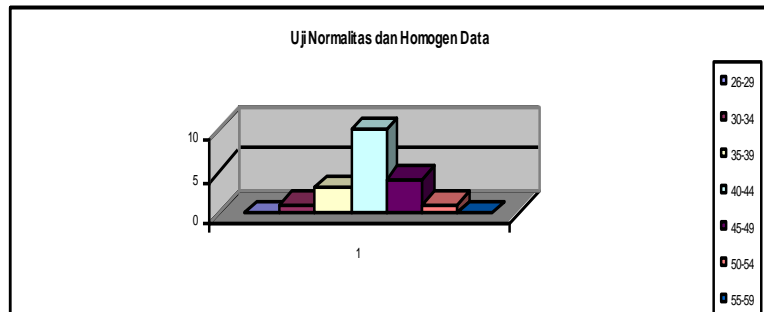


Gambar 9 Grafik Hasil analisis visual kerusakan gedung

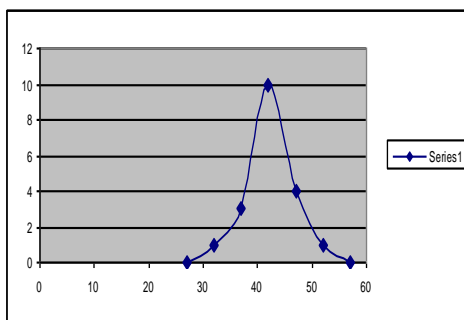


Gambar 10 Grafik Hasil prosentase kerusakan gedung.

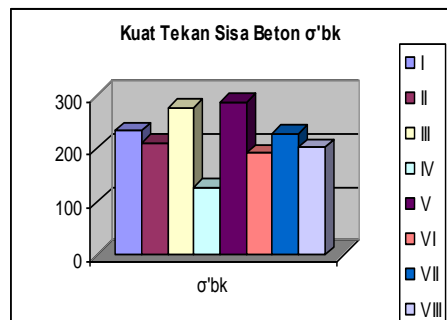
Hasil analisis Homogen dan Normalitas data diambil satu contoh saja. Tetapi analisis ini berlaku untuk semua data



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 truktur 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 kekuatan sisa yang masih ada. Titik pengambilan data *hammer test* peneliti menggunakan delapan titik. Pada jurnal ini peneliti hanya 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/cm². 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 Penanggulangan, Pendeteksian dan Penyelesaian Kerusakan Pada Bangunan Sipil, Surakarta.
- Somantri, A. dan Ali Muhidin, S. 2006. *Statistik Dan Penelitian*, Penerbit Pustaka Setia, Bandung.
- Tjokrodinulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.