

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Bangunan Tingkat Tinggi

2.1.1 Definisi

Menurut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021) tentang klasifikasi bangunan gedung pasal 9 ayat 6, bangunan bertingkat tinggi adalah bangunan gedung dengan jumlah lantai bangunan lebih dari 8 (delapan) lantai. Struktur bertingkat tinggi ini biasanya digunakan untuk berbagai keperluan. Salah satunya adalah sebagai kepentingan komersial di apartemen hunian, hotel, dan gedung perkantoran. Namun ada juga layanan kesehatan seperti rumah sakit yang termasuk dalam bangunan tingkat tinggi.

Struktur gedung terbagi menjadi 2 bagian, yaitu struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*lower structure*), yaitu:

a. Struktur atas (*upper structure*)

Struktur bangunan yang ditinggikan di atas tanah dikenal sebagai suprastruktur. Setiap komponen bangunan atas ini, termasuk kolom, pelat, balok, dinding geser, dan tangga, memiliki peran penting (Kundiarto, 2016). Dibutuhkan perencanaan struktural yang cermat untuk menjaga superstruktur agar tidak runtuh. Karena beban yang bekerja pada struktur, seperti beban mati, beban hidup, dan beban lainnya, dialami oleh bangunan atas.

b. Struktur bawah (*lower structure*)

Substruktur bangunan terdiri dari semua bagian bangunan atau konstruksi bangunan yang berada di bawah permukaan tanah dan berfungsi untuk menahan beban dari bangunan atas yang diteruskan ke dalam tanah keras. (Kundiarto, 2016). Struktur bawah meliputi sloof,

dudukan beton (*pile cap*), dan pondasi. Perencanaan struktur bawah suatu bangunan harus direncanakan dengan cermat, baik, dan benar. Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan yang kokoh pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal bagi penghuninya (Long, Iskandar, & Leman, 2019).

2.1.2 Jenis Struktur Gedung Tingkat Tinggi

Struktur bertingkat tinggi, saat ini umum ditemukan di berbagai negara. Meskipun terkadang digunakan untuk fasilitas umum dan pendidikan, bangunan tingkat tinggi ini juga digunakan sebagai tempat tinggal, hotel, dan bangunan bisnis. Untuk membuat struktur yang rumit, bangunan bertingkat membutuhkan sistem struktur, juga dikenal sebagai kerangka struktural, yang terdiri dari sejumlah bagian yang saling terkait atau bergantung. Menurut (Tim Editor, 2021), Struktur bertingkat tinggi datang dalam berbagai jenis, yaitu:

a. Sistem struktur *Rigid Frame* (rangka kaku)

Untuk menahan beban pada struktur ini, balok dan kolom dibangun secara monolit. Struktur yang terbuat dari beton bertulang lebih cocok untuk sistem rangka yang kaku. Meskipun konstruksi baja dapat menggunakan sistem ini, sambungannya akan mahal. Elemen rangka yang kaku dapat menahan beban aksial, tekukan, dan gaya geser.

b. Sistem struktur *Braced Frame*

Struktur ini lebih cocok untuk bangunan bertingkat rendah hingga sedang dan lebih sering digunakan dalam konstruksi baja. Struktur ini bermanfaat karena dapat diulang hingga ketinggian bangunan dan sederhana untuk dirancang dan dibuat. Kerugian dari sistem seperti ini dapat mencegah cahaya masuk melalui jendela.

c. Sistem struktur *shear wall*

Biasanya, bagian tengah bangunan adalah struktur khusus ini. Metode ini sangat cocok untuk memperkuat bangunan bertingkat tinggi yang terdiri dari beton bertulang atau baja karena kekakuan dan kekuatan bidang yang tinggi. Metode ini juga cocok untuk bangunan penginapan dan bangunan tempat tinggal dengan tata letak berulang dari lantai ke lantai yang memungkinkan dinding berlanjut secara vertikal.

d. Sistem struktur *wall frame*

Dinding dan bingkai dalam konstruksi ini berinteraksi secara horizontal untuk menciptakan kerangka yang lebih kokoh dan kaku. Dalam sistem ini, dinding biasanya padat dan dapat dilihat di sekitar tangga, poros elevator, dan/atau tepi bangunan. Selain itu, dengan menghindari keruntuhan lantai lunak, dinding dapat meningkatkan kinerja rangka.

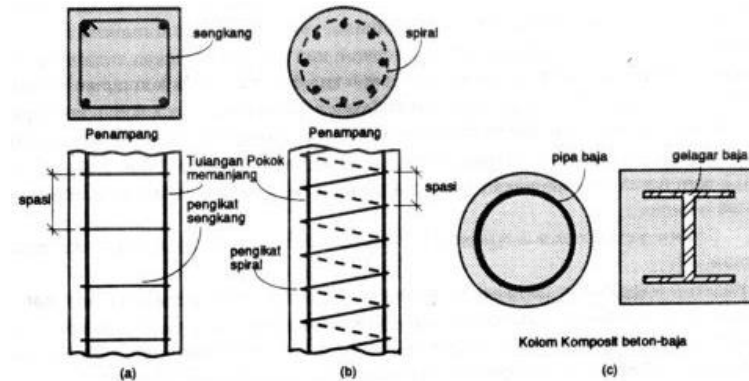
2.2 Kolom

Kolom adalah komponen struktur tekan vertikal yang sangat penting dari konstruksi bangunan. Kolom berfungsi untuk meneruskan beban dari semua komponen struktur bangunan ke pondasi serta sebagai pemikul beban dari balok. Jika kolom yang terletak pada lokasi kritis mengalami keruntuhan maka akan mengakibatkan runtuhnya lantai yang bersangkutan bahkan runtuh total.

Klasifikasi kolom dapat ditinjau dari komposisi dan bentuk penampang, lalu meninjau beban yang terjadi pada penampang. Komposisi dan bentuk penulangan yang dilakukan pada kolom dapat digolongkan menjadi:

1. Kolom berbentuk segiempat yang terdiri dari tulangan yang memanjang dan tulangan bagi atau biasa disebut dengan tulangan sengkang.
2. Kolom berbentuk lingkaran yang terdiri dari tulangan yang memanjang dan tulangan lateral berbentuk spiral.

3. Kolom yang bersifat komposit yang memiliki komposisi berupa beton dan profil struktural baja sebagai tulangan.



Gambar 2.1 Jenis Kolom
(Sumber: wang (1986) dan forgonson (1986))

Kolom yang digunakan pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik tahap 1 adalah kolom dengan penampang segiempat yang memiliki variasi dimensi serta jumlah tulangan yang dapat dilihat pada gambar 2.2

KODE	K1		K2		K3		K4		K5	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN										
DIMENSI	600 X 600	600 X 600	400 X 600	400 X 600	300 X 600	300 X 600	250 X 250	250 X 250	200 X 200	200 X 200
TULANGAN	20 D 19	20 D 19	14 D 19	14 D 19	12 D 19	12 D 19	8 D 16	8 D 16	4 D 16	4 D 16
SENGKANG	4D10-100	2D10-150	3D10-100	3D10-150	3D10-100	3D10-150	2P10-100	2P10-150	2P8-150	2P8-150

Gambar 2.2 Dimensi Kolom
(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik)

2.3 Balok

Elemen struktur yang mempunyai fungsi sebagai pemikul beban sendiri serta beban dari plat, kemudian diteruskan pada kolom disebut sebagai balok. Terjadinya kelenturan pada balok diakibatkan karena menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya. Balok terdiri dari dua jenis, yaitu balok induk dan balok anak. Untuk membagi plat menjadi segmen sebagai pengikat kolom yang satu dengan yang lain dibutuhkan balok induk, sehingga plat menahan beban dari yang

luas ke yang lebih kecil. Balok anak terletak dan bertumpu pada balok induk yang tugasnya sebagai penerima beban dari plat dan kemudian diteruskan ke balok induk.

Untuk memperhitungkan kemampuan kapasitas daya dukung komponen balok struktur terlentur, sifat utama bahwa bahan beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan dengan cara memperkuat tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik bekerja akan diperoleh balok yang mampu menahan lentur. Perhitungan perencanaan balok dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Perhitungan tulangan

Untuk $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0,85$

$$\rho b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \dots\dots\dots (1)$$

$$R_{max} = 0,75 \times \rho b \times f_y \times \left(1 - \left(\frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho b \times f_y}{0,85 \times f_c'} \right) \right) = \dots\dots\dots (2)$$

Faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 0,8$

$$ds = ts - \phi - \frac{D}{2} = \dots\dots\dots (3)$$

$$ns = \frac{b - 2 \times ds}{25 + D} = \dots\dots\dots (4)$$

$$X = \frac{b - ns \times D - 2 \times ds}{ns - 1} = \dots\dots\dots (5)$$

$$Y = D + 25 = \dots\dots\dots (6)$$

a) Tulangan momen positif

$$Mn = \frac{Mu+}{\phi} = \dots\dots\dots (7)$$

Maka diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton $d' = 70 \text{ mm}$

$$d = h - d' = \dots\dots\dots (8)$$

$$Rn = \frac{Mn \times 10^6}{b \times d^2} = , Rn < R_{max} \text{ (OK)} \dots\dots\dots (9)$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times Rn}{0,85 \times f_c'}} \right) = \dots\dots\dots (10)$$

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{F_{cr}}{4 \times f_y}} = \dots\dots\dots (11)$$

$$\rho_{min} = \frac{1}{4} \times f_y = \dots\dots\dots (12)$$

$$A_s = \rho \times b \times d = \dots\dots\dots (13)$$

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{Luas tulangan terpakai: } \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \dots\dots\dots (15)$$

$$d = h - d' = \dots\dots\dots (16)$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f_{c'} \times b} = \dots\dots\dots (17)$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^6 = \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{Tahanan momen balok: } \phi \times M_n = \dots\dots\dots (19)$$

$$\text{Cek syarat: } \phi \times M_n \geq M_u^+, \text{ (OK)} \dots\dots\dots (20)$$

b) Tulangan momen negatif

$$M_n = \frac{M_u^+}{\phi} = \dots\dots\dots (21)$$

Maka diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton $d' = 70 \text{ mm}$

$$d = h - d' = \dots\dots\dots (22)$$

$$R_n = \frac{M_n \times 10^6}{b \times d^2} = , R_n < R_{max} \text{ (OK)} \dots\dots\dots (23)$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'}}}\right) = \dots\dots\dots (24)$$

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{F_{cr}}{4 \times f_y}} = \dots\dots\dots (25)$$

$$\rho_{min} = \frac{1}{4} \times f_y = \dots\dots\dots (26)$$

$$A_s = \rho \times b \times d = \dots\dots\dots (27)$$

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \dots\dots\dots (28)$$

$$\text{Luas tulangan terpakai: } \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \dots\dots\dots (29)$$

$$d = h - d' = \dots\dots\dots (30)$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times f'c' \times b} = \dots\dots\dots (31)$$

$$Mn = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^6 = \dots\dots\dots (32)$$

$$\text{Tahanan momen balok: } \phi \times Mn = \dots\dots\dots (33)$$

$$\text{Cek syarat: } \phi \times Mn \geq Mu^+, \text{ (OK) } \dots\dots\dots (34)$$

c) Tulangan geser

$$Vu = 171,816 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser: } \phi = 0,6$$

$$fy = 420 \text{ MPa}$$

$$Vc = \frac{\sqrt{f'c'}}{6 \times b \times d \times 10^{-3}} = \dots\dots\dots (35)$$

$$\text{Tahanan geser beton: } \phi \times Vc = \dots\dots\dots (36)$$

$$\phi \times Vs = Vu - (\phi \times Vc) = \dots\dots\dots (37)$$

$$\text{Kuat geser sengkang: } Vs = 178,86 \text{ kN}$$

$$Av = \frac{Ns}{\frac{1}{4} \times \pi \times P^2} = \dots\dots\dots (38)$$

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs \times 10^3} = \dots\dots\dots (39)$$

Pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik tahap 1, digunakan balok induk (B1 – B4) dan balok anak (B5 – B8) yang menggunakan tulangan ulir berdiameter 13 sampai 22, dan tulangan polos diameter 10. Dimensi balok terbesar yang digunakan adalah 350 x 650 sampai yang terkecil adalah 150 x 350. Dapat dilihat lebih detail pada gambar 2.2 dan gambar 2.3.

KODE	B1		B2		B3		B4		B5	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN										
DIMENSI	350 X 650	350 X 650	300 X 650	300 X 650	300 X 600	300 X 600	300 X 500	300 X 500	250 X 500	250 X 500
TULANGAN ATAS	8 D 22	4 D 22	8 D 19	4 D 19	8 D 19	4 D 19	8 D 19	4 D 19	6 D 16	4 D 16
TULANGAN BAWAH	4 D 22	6 D 22	4 D 19	6 D 19	4 D 19	6 D 19	4 D 19	6 D 19	4 D 16	6 D 16
TULANGAN BADAN	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	2 D 13	2 D 13	2 P 10	2 P 10
SENGKANG	4D10 – 100	2D10 – 150	4D10 – 100	2D10 – 150	4D10 – 100	2D10 – 150	4D10 – 100	2D10 – 150	2P10 – 100	2P10 – 150

Gambar 2.3 Dimensi Balok Induk

(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik)

B5		B6		B7		B8	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
250 X 500	250 X 500	200 X 500	200 X 500	200 X 400	200 X 400	150 X 350	150 X 350
6 D 16	4 D 16	5 D 16	3 D 16	5 D 16	3 D 16	4 D 13	2 D 13
4 D 16	6 D 16	3 D 16	5 D 16	3 D 16	5 D 16	2 D 13	4 D 13
2 P 10	2 P 10	2 P 10	2 P 10	–	–	–	–
2P10 – 100	2P10 – 150	2P8 – 100	2P8 – 150	2P8 – 100	2P8 – 150	2P6 – 100	2P6 – 150

Gambar 2.4 Dimensi Balok Anak

(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik)

2.4 Pelat Lantai

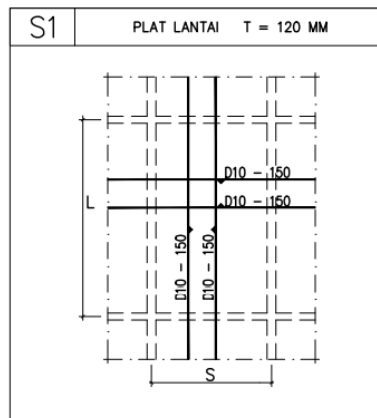
Pelat merupakan panel struktur beton bertulang yang memiliki ukuran panjang dan lebar lebih besar daripada ukuran ketebalannya. Pelat harus direncanakan lurus dan rata dengan menggunakan *waterpass*. Namun dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air. Pelat bertumpu pada balok dan kolom. Pelat satu arah dan dua arah dibedakan berdasarkan hasil perbandingan bentang panjang dengan bentang lebar. Jika 6 hasilnya kurang dari 2, maka termasuk pelat yang melentur pada kedua arah. Jika hasilnya lebih dari 2, maka termasuk pelat yang

melentur pada satu arah. Jika hasilnya sama maka keempat balok keliling menopang beban yang sama besarnya.

Perencanaan dan perhitungan pelat lantai dari beton bertulang harus mengikuti persyaratan yang tercantum dalam SNI Beton 1991. Beberapa persyaratan tersebut meliputi:

1. Pelat lantai harus mempunyai tebal sekurang - kurangnya 12 cm, sedang untuk pelat atap sekurang-kurangnya 7 cm
2. Harus diberi tulangan silang dengan diameter minimum 8 mm dari baja lunak atau baja sedang.
3. Pada pelat lantai yang tebalnya lebih dari 25 cm harus dipasang tulangan rangkap atas bawah.
4. Jarak tulangan pokok yang sejajar tidak kurang dari 2,5 cm dan tidak lebih dari 20 cm atau dua kali tebal pelat, dipilih yang terkecil.
5. Semua tulangan pelat harus terbungkus lapisan beton setebal minimum 1 cm, untuk melindungi baja dari karat, korosi, atau kebakaran.

Pelat lantai memiliki beberapa jenis, yaitu pelat dari kayu, beton, baja, dan yumen (kayu semen). Namun, pada umumnya menggunakan pelat dari beton bertulang untuk konstruksi bangunan. Pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik tahap 1, digunakan pelat lantai dari konstruksi beton bertulang seperti pada gambar 2.5.

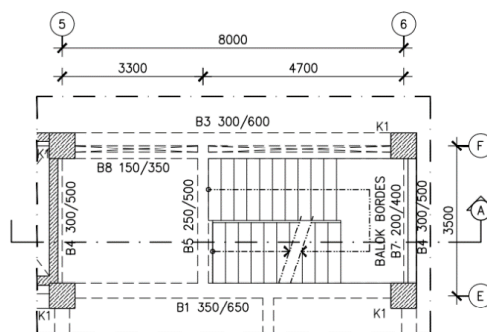


Gambar 2.5 Tebal Pelat lantai
(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik)

2.5 Tangga

Tangga merupakan suatu komponen struktur yang terdiri dari plat, bordes, anak tangga, dan *railing* yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya. Tangga merupakan komponen yang harus ada pada bangunan berlantai banyak walaupun sudah ada peralatan transportasi vertikal lainnya, karena tangga tidak memerlukan tenaga mesin.

Tangga memiliki berbagai macam jenis, yaitu tangga tusuk lurus, bordes lurus, tangga dengan belokan, tangga poros, dan melingkar. Pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik tahap 1, digunakan tangga bordes lurus untuk lantai 1 – 4. Dan tangga dengan belokan untuk lantai 4 – 6.



Gambar 2.6 Denah Tangga
(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik)

2.6 Struktur Shear Wall

Shear wall adalah dinding yang ditempatkan secara vertikal yang terbuat dari baja atau beton bertulang yang dipasang pada posisi bangunan tertentu untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tinggi. Dinding geser dicirikan sebagai elemen vertikal yang cukup kaku. Biasanya, dinding geser hanya membuka 5% bukaan untuk mempertahankan kekakuannya (Putra, 2018).

Pada *shear wall* beton bertulang, tulangan dibuat arah vertikal dan horizontal secara 2 lapis dan diberi cakar ayam diantara lapisan tulangan. Jarak antar tulangan juga direncanakan tidak terlalu lebar, dan terlalu sempit agar agregat dan juga beton dapat mengisi dengan baik. Namun, *shear wall* digolongkan menjadi beberapa jenis sesuai materialnya, yaitu:

- a. Dinding Geser Beton Bertulang: dimanfaatkan untuk bangunan tempat tinggal.
- b. Dinding Geser Blok Beton: Dibangun dengan balok beton berongga dan tulangan baja. Untuk meningkatkan dampak bata beton pada beban gempa, biasanya menggunakan tulangan.
- c. *Shear wall* baja: dinding pelat baja, kolom batas, dan balok lantai horizontal pembentuk strukturnya.
- d. *Plywood Shear Wall*: terdiri dari lembaran kayu lapis dan stud.

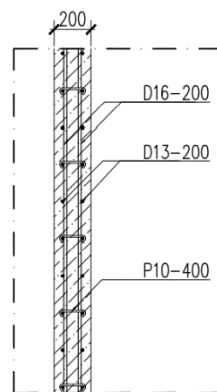
Digunakan dinding geser beton bertulang pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik tahap 1. Dinding geser ini difungsikan sebagai lift untuk mengantar pasien maupun pengunjung rumah sakit. Dapat dilihat pada gambar 2.7 yaitu detail penulangan *shear wall* yang digunakan.

2.7 Atap Rangka Baja

Atap adalah konstruksi bangunan yang terletak pada posisi teratas dan melindungi bagian bawah bangunan agar terlindungi dari panas matahari, hujan, debu,

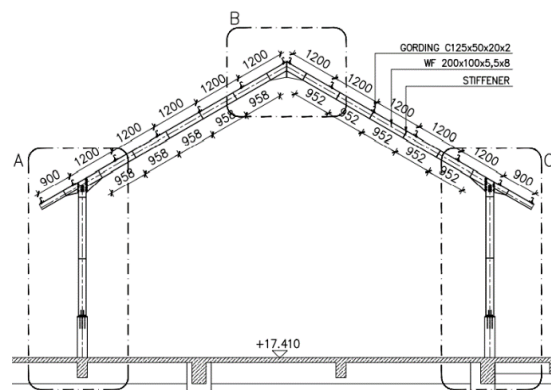
dan angin. Terdapat berbagai jenis material yang bisa digunakan pada konstruksi atap seperti kayu, baja, baja ringan (Galvalum), dan beton. Struktur atap terbagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap. Rangka atap berfungsi menahan beban dari bahan penutup. Penopang rangka atap adalah balok kayu / baja yang disusun membentuk segitiga disebut dengan istilah kuda-kuda.

Pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik tahap 1, rangka baja digunakan sebagai konstruksi atap. Konstruksi atap rangka baja yang direncanakan terdiri dari kolom baja, regel, gording, kuda-kuda baja, ikatan angin, dan penggantung gording. Kolom baja yang digunakan adalah profil baja IWF 200x100x5,5x8 dan kuda-kuda IWF 150x75x5x7. Gording menggunakan profil C125x50x20x2 yang dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.7 Detail *Shear Wall*

(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik)



Gambar 2.8 Kuda-Kuda Rangka Baja

(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik)