

LAPORAN AKHIR

P E D O M A N
STRUKTUR RUMAH SUSUN SEDERHANA
TAHAN GEMPA

proyek kerja sama dengan :

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
Direktorat Jenderal Cipta Karya
Departemen Pekerjaan Umum



I D I

LEMBAGA PENYELIDIKAN ILMIAH
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
Jl. Merdeka 19. Tilp. 58451 Bandung

1980

P R A K A T A

Dalam terbitan yang pertama telah dibahas mengenai dasar-dasar perencanaan Walk-Up Flat serta penentuan type dari struktur, dan detail dari bangunan struktur.

Terbitan yang kedua ini merupakan penyempurnaan dari terbitan yang pertama.

Disini akan diuraikan perencanaan arsitekturalnya yang sesuai dengan syarat bangunan tahan gempa; selain perencanaan struktural, bahan bangunan dan sistim pengecorannya juga diuraikan apa yang perlu diketahui mengenai tanah dan pondasi.

Harapan kami mudah-mudahan pedoman ini dapat memberikan pengertian dan menjalin kerja sama yang harmonis antara perencana struktural dan non-struktural, terutama dalam bangunan rumah susun tahan gempa.

Akhirnya kami ucapkan terima kasih kepada Tim pembahas yang telah membantu kami dalam menyusun buku pedoman ini juga kami ucapkan terima kasih kepada Drs. M. Rooijakkers, Ir. Felisia dan Ir. Lilik Winarni yang telah membantu kelancaran segi administrasinya.

Bandung, Juli 1980

Tim Penyusun

D A F T A R I S I

	halaman
PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
1. PENDAHULUAN	1
2. DASAR-DASAR PERENCANAAN	3
2.0. Umum	3
2.1. Perencanaan Arsitektural	3
2.1.1. Morphologi	3
2.1.2. Tata ruang	8
2.2. Perencanaan Struktural	12
2.2.0. Umum	12
2.2.1. Pondasi	14
2.2.2. Rangka (kolom dan balok)	17
2.2.3. Dinding	20
2.2.4. A t a p	22
2.2.5. Pelat lantai	23
2.2.6. Komponen Non Struktur	24
3. BAHAN BANGUNAN	25
3.1. Tinjauan Umum	25
3.2. Syarat-syarat bahan bangunan	29
4. SISTIM PENGECORAN	32
5. SYARAT-SYARAT KOMPONEN STRUKTUR	36
6. DAFTAR PUSTAKA	84

APPENDIX

- I. Tanah dan pondasi
- II. Daftar skala Modified Mercalli

1. PENDAHULUAN

Kelangkaan tanah dan meningkatnya akan kebutuhan rumah merupakan salah satu tantangan yang harus dihadapi Indonesia dewasa ini.

Salah satu cara yang ditempuh dalam menghadapi tantangan tersebut adalah dengan membangun rumah-rumah tingkat dan rumah-rumah susun dikota-kota padat.

Tetapi membangun rumah susun/rumah-rumah tingkat mengandung banyak masalah, dimana salah satu masalah yang difokuskan dalam makalah ini adalah masalah struktur bangunan.

Seperti diketahui Indonesia terletak pada dua jalur gempa bumi, sehingga untuk setiap pembangunan haruslah direncanakan dengan cermat, apakah strukturnya mampu menahan gempa atau tidak, lebih-lebih untuk bangunan bertingkat seperti rumah-rumah susun dan rumah-rumah tingkat.

Struktur bangunan tersebut sebenarnya terdiri dari beberapa komponen :

- a. Fondasi
- b. Sloof
- c. Balok dan kolom
- d. Dinding
- e. Atap
- d. Lantai

yang saling bekerja sama dalam melawan/menahan gaya-gaya yang timbul baik oleh sebab beban hidup, beban mati atau beban-be-

ban sementara seperti gempa, angin dan seterusnya.

Khususnya beban gempa telah banyak menimbulkan korban , baik harta maupun jiwa, sebagai akibat letak kepulauan Indonesia didaerah rawan gempa; maka dalam buku ini akan mendapat penekanan khusus, sekaligus diberikan pedoman-pedoman praktis untuk pencegahannya, yang dapat dipergunakan oleh para developer, pejabat daerah dan teknisi-teknisi non struktural.

2. DASAR-DASAR PERENCANAAN RUMAH SUSUN

2.0. U m u m

Pada bab ini tidak akan dibahas perencanaan rumah susun sederhana secara menyeluruh melainkan difokuskan pada perencanaan arsitektural dan struktural bangunan yang erat hubungannya dengan ketahanan terhadap gempa bumi.

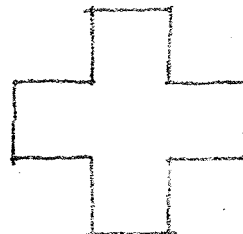
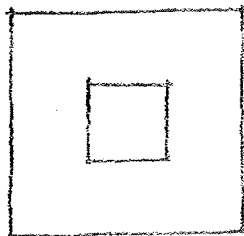
2.1. Perencanaan Arsitektural

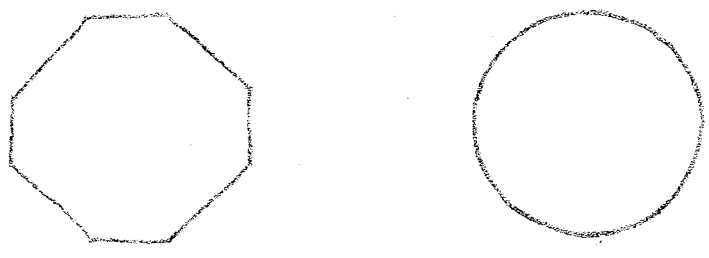
2.1.1. Morphologi Bangunan

Sesuai dengan teori gempa maka massa bangunan yang lebih mampu menahan gaya-gaya gempa adalah massa bangunan yang mempunyai titik berat massa yang terletak dipusat denahnya, sehingga tidak timbul momen puntir pada waktu dilanda gempa.

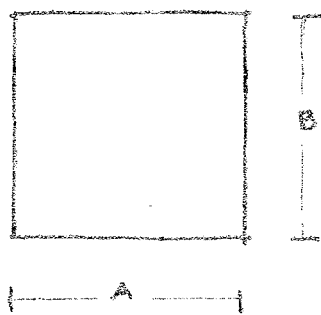
Bertolak pada teori tersebut maka :

- a. Bentuk denah bangunan harus simetris dan sederhana



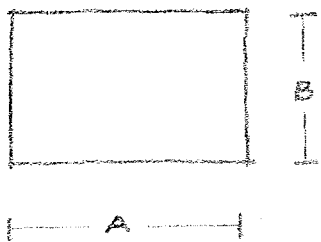


b. Panjang atau lebar bangunan maksimum adalah 50 meter

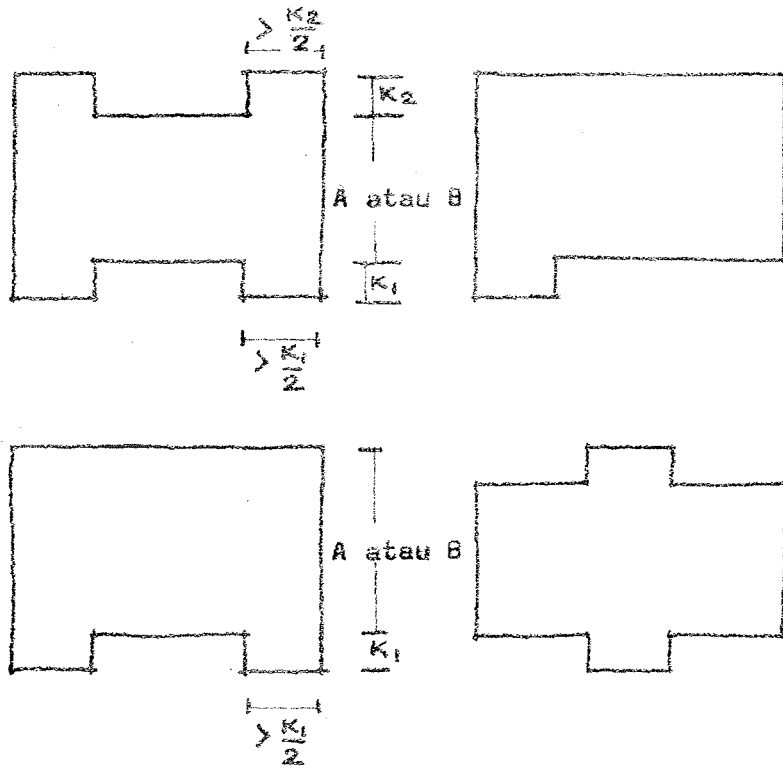


$$A \leq 50 \text{ m}$$

$$B \leq 50 \text{ m}$$

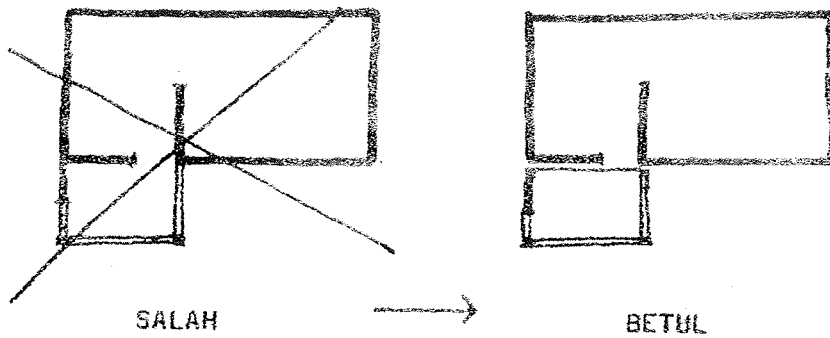


c. Bila bentuk denah bangunan adalah bentuk denah yang bersegiap maka panjang atau lebar sayap tersebut maksimum adalah :

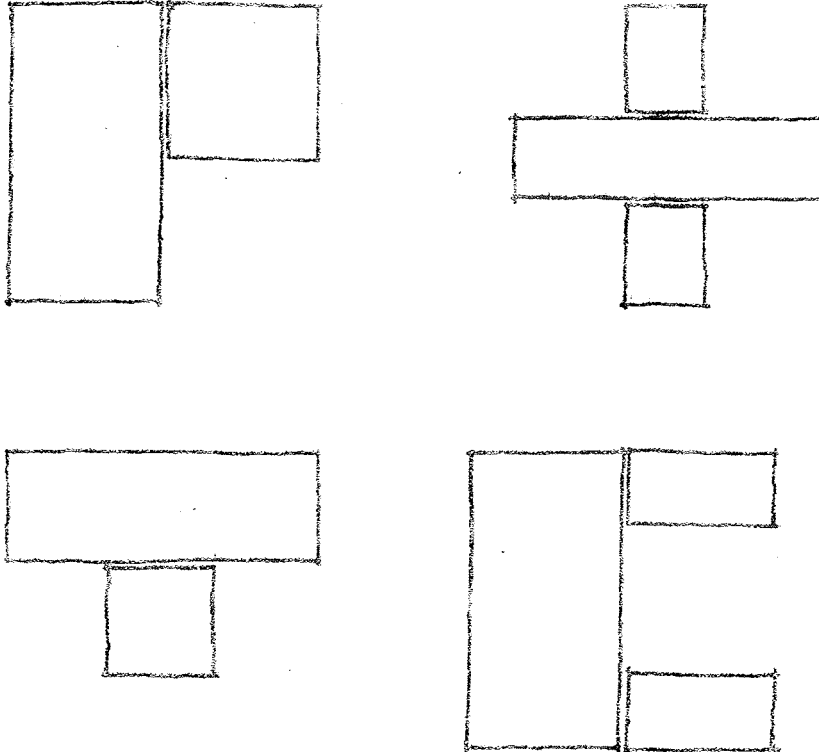


d. Bangunan utama dan sayap bangunan harus mempunyai ke-
kakuan yang setaraf.

Bila hal tersebut tidak dapat dipenuhi maka haruslah
dibuat delatasi antara bangunan utama dan sayap-
sayapnya (pemisahan).



- e. Delatasi juga dibuat bila ukuran sayap-sayap bangunan tidak memenuhi persyaratan yang telah ditentukan pada ayat c



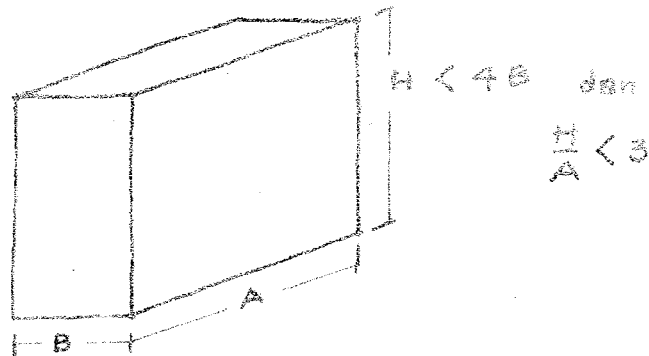
Gempa bumi menimbulkan, yang dalam istilah awam disebut guncangan atau getaran yang secara ilmiah dapat dikatakan bahwa gelombang gempa menimbulkan "percepatan" pada permukaan bumi.

Percepatan ini oleh struktur bangunan akan diteruskan dan diperbesar pada bagian-bagian bangunan yang makin tinggi letaknya, bayangkan seseorang yang sedang mengayun cambuk.

Bertolak pada pemikiran tersebut maka disamping pe-

tunjuk-petunjuk terdahulu yang lebih menyoroiti be-
ngunan pada bidang-bidang horizontalnya perlu juga
ditinjau morfologi bangunan dari bidang-bidang ver-
tikal termasuk struktur-struktur tegaknya, sehingga
didapat petunjuk sebagai berikut :

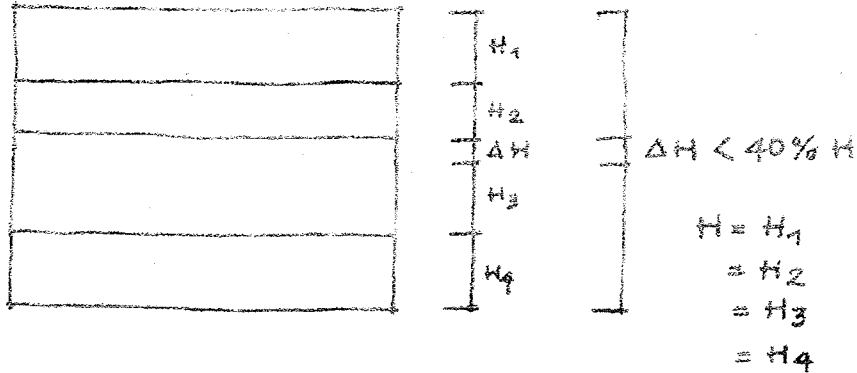
f. Proporsi tinggi, panjang dan lebar bangunan harus-
lah memenuhi persyaratan :



g. Massa bangunan sebaiknya makin ringan pada ting-
kat-tingkat yang makin tinggi dan tidak boleh se-
baliknya.



h. Perbedaan tinggi antara tingkat satu terhadap la-
in tidak boleh lebih besar dari 40% tinggi suatu
tingkat.



2.1.2. Tata ruang

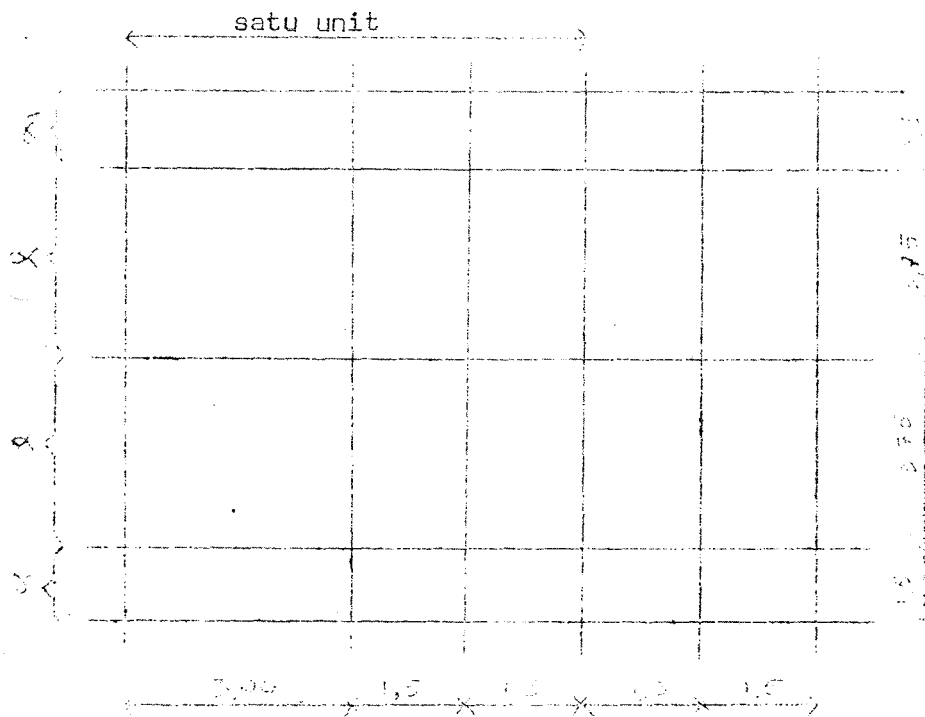
Seperti telah diketahui bersama bahwa rumah tinggal adalah suatu "proses" dimana perubahan tata letak ruang bisa saja terjadi sesuai dengan perkembangan sipenghuni sendiri.

Ini berarti akan adanya pembongkaran atau penambahan dinding yang kemungkinan besar dapat merubah keseimbangan massa bangunan tersebut secara keseluruhan, yang akan batrya dapat mempengaruhi ketahanan bangunan tersebut terhadap gempa.

Hal tersebut harus dihindarkan, khususnya untuk bangunan rumah susun jenis flat didaerah gempa.

Untuk menghindari kesalahan tersebut maka seorang perencana haruslah telah menetapkan dalam perencanaannya, sebagai realisasi akan kesadarannya bahwa rumah tinggal adalah suatu "proses", dengan menetapkan terlebih dahulu tempat-tempat dimana suatu dinding masif atau kusen atau partisi boleh dipasang baru atau dibongkar.

Salah satu cara untuk menghindarkan akibat-akibat fatal oleh sebab penambahan atau pembongkaran suatu komponen bangunan, seorang perencana dapat menetapkan garis-garis perencanaan (design grid) dimana ditetapkan pada lokasi-lokasi mana suatu dinding atau struktur dapat di letakan seperti antara lain :



Ruang-ruang dalam rumah tinggal dapat dibagi menjadi :

1. Ruang umum (general space)

Ruang ini berfungsi majemuk sebagai ruang keluarga , makan, belajar dan lain-lain.

2. Ruang khusus (special space)

Ruang-ruang yang mempunyai dominasi penggunaan seperti ruang tidur.

3. Ruang pelayanan (service space)

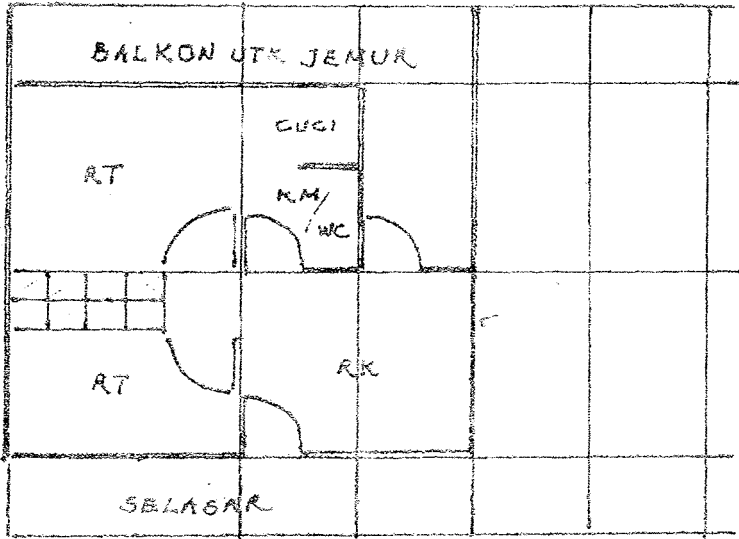
Ruang-ruang yang digunakan pada waktu-waktu tertentu dan tetap, yang karena sifat penggunaannya membutuhkan perlengkapan bangunan khusus (instalasi) seperti dapur, kamar mandi, W.C.

Dari ketiga kategori tersebut kategori ketigalah yang harus direncanakan secara cermat dan ditetapkan letaknya dengan penuh pertimbangan karena ruang ini tidak mungkin dipindahkan tanpa mengubah seluruh jaringan instalasi sedangkan ruang-ruang yang lain sesuai dengan konsep bahwa rumah adalah suatu proses seyogyanya cukup fleksibel tanpa merugikan struktur (inilah perlunya garis-garis perencanaan).

Contoh diatas dapat dilengkapi dengan uraian misalkan :

- garis-garis vertikal adalah garis perletakan rak dinding penuh/memikul.
- garis horizontal hanya boleh dibebani oleh bidang-bidang yang tidak masif, misal kusen, partisi dan lain-lain

Sehingga akan terwujud suatu alternatif disain sebagai berikut :

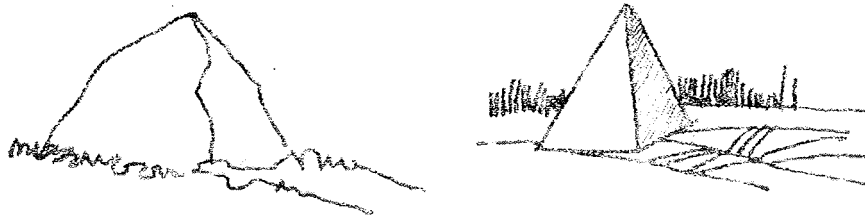


2.2. Perencanaan struktural.

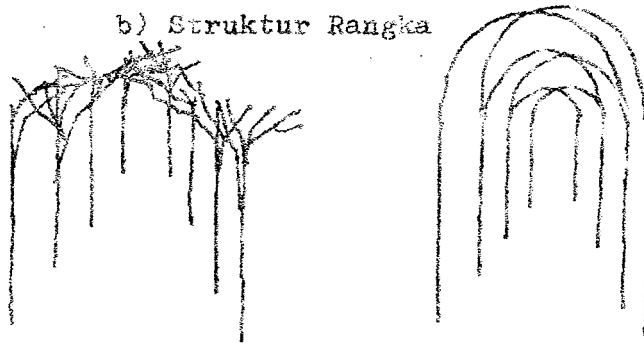
2.2.a. U m u m

Yang dimaksud dengan struktur disini adalah unsur-unsur pada bangunan yang menyakong berrdirinya bangunan tersebut, terdiri dari unsur-unsur vertikal dan horizontal. Dari karakternya struktur bangunan ini dapat dibagi menjadi :

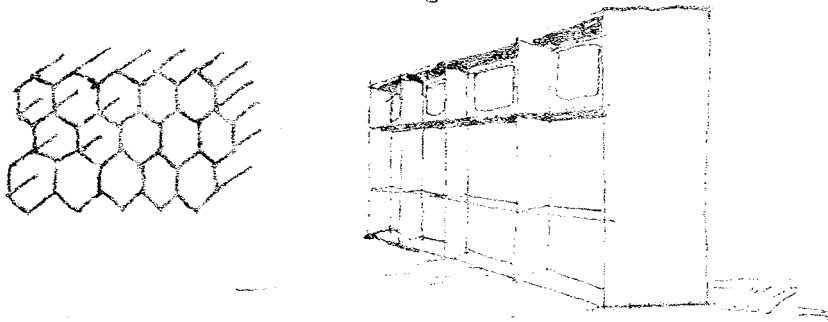
a) Struktur Massa



b) Struktur Rangka



c) Struktur Bidang.



Komponen-komponen struktur

Yang dibawah tanah : Fondasi

Sloof

Yang diatas tanah : Lantai, kolom, balok

Dinding, atap.

Pengelompokan type-type struktur.

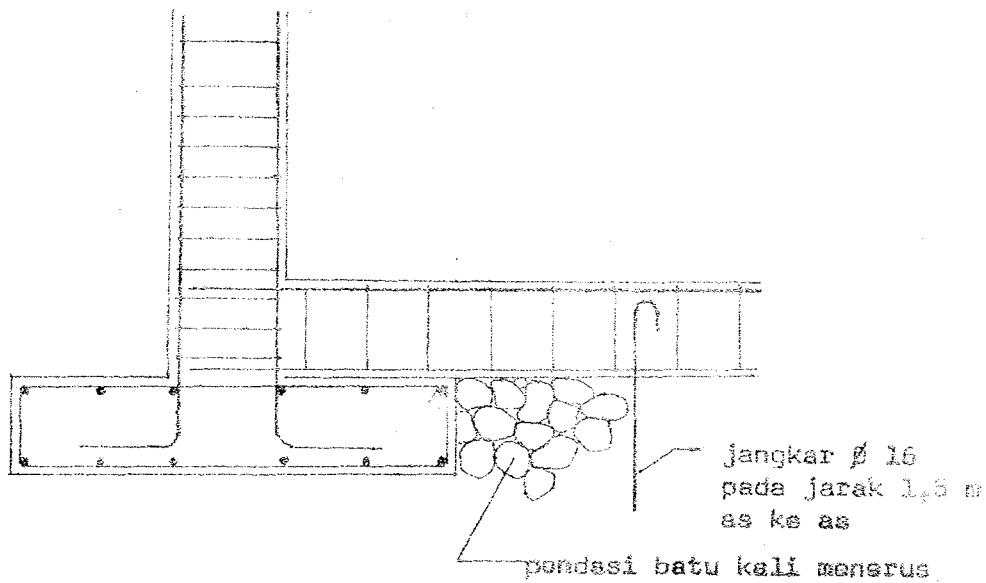
Dari studi-studi terdahulu yang telah dilakukan mengenai struktur tahan gempa, oleh Beca Carter Hollings & Ferner Ltd. dan dimuat dalam bukunya "Indonesian Earthquake Study" volume 6, pengelompokan struktur atau type type struktur berdasarkan jumlah tingkat bangunan dan sifat-sifat dinding pengisinya, sebagai berikut :

Type	Material Struktur	Tinggi maks.	Hubungan dinding dengan rangka str.	Anggapan terhadap fungsi dinding pengisi
A	Rangka beton bertulang	4 tingkat	Tidak dipisahkan	Dinding tembok pengisi membantu menahan gaya geser
B1	Rangka beton bertulang	4 tingkat	Tidak dipisahkan	Effek dari dinding tembok pengisi diabaikan
B2	Rangka beton bertulang	7 tingkat	Tidak dipisahkan	ditto
C	Rangka beton bertulang	3 tingkat	Tidak dipisahkan	ditto
D	Rangka beton bertulang	10 tingkat	Dipisahkan	ditto

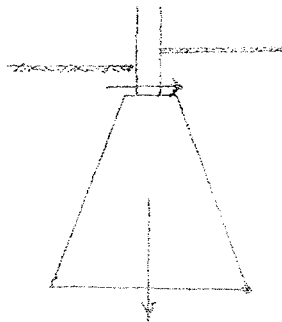
2.2.1. Fondasi

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan fondasi untuk bangunan di daerah gempa:

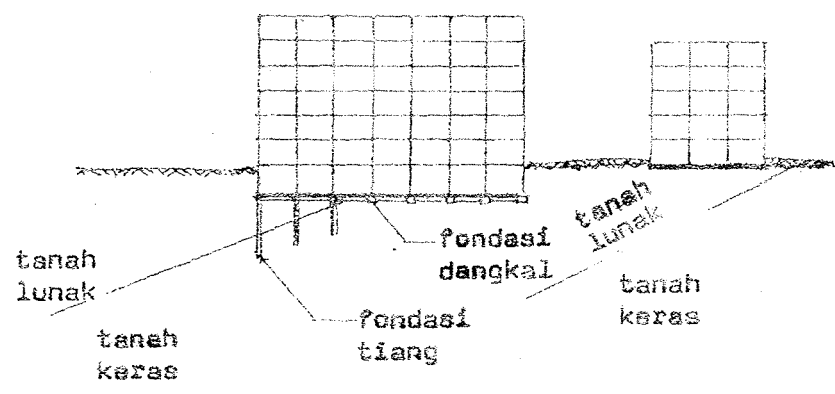
- a. Antara fondasi dan struktur di atasnya harus mempunyai hubungan geser, untuk mencegah/melawan geseran atau puntiran oleh sebab gaya-gaya horizontal (gempa)



- b. fondasi harus tertanam cukup dalam, sehingga dapat -
menghindarkan terangkatnya fondasi pada waktu gempa,
oleh sebab timbulnya momen guling.



- c. fondasi harus terletak pada tanah yang sama kerasnya.
Bila ternyata tanah dibawah bangunan tersebut tidak
sama, maka haruslah digunakan type fondasi yang se-
suai untuk tiap bagian tanah tersebut sehingga dapat
dijamin penurunan yang sama (settlement).



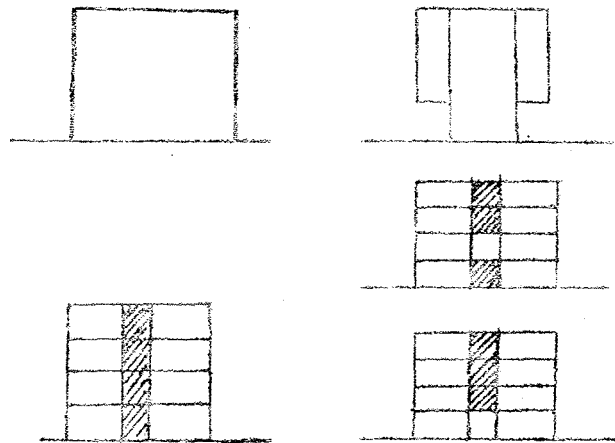
2.2.2. Rangka (kolom dan balok)

Dalam rangka bangunan, hal-hal yang perlu diperhatikan ialah :

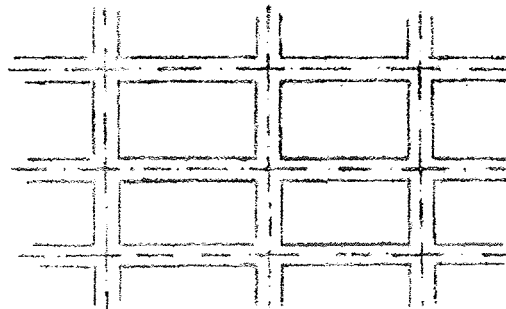
1. Semua kolom dan dinding kontinu dari atap sampai fondasi.

Sebaiknya :

Tetapi jangan :



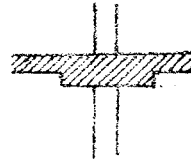
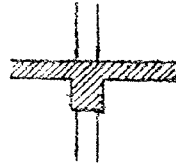
2. Balok-balok dan kolom harus ko-aksial



3. Balok-balok dan kolom-kolom harus mempunyai lebar yang hampir sama, sehingga terjadi detail yang baik serta membantu penyaluran momen dan gaya lintang pada titik hubung batang yang bersangkutan.

Sebaiknya :

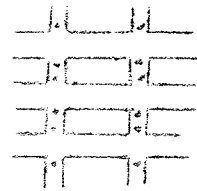
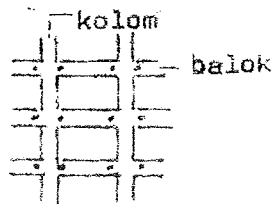
Tetapi jangan :



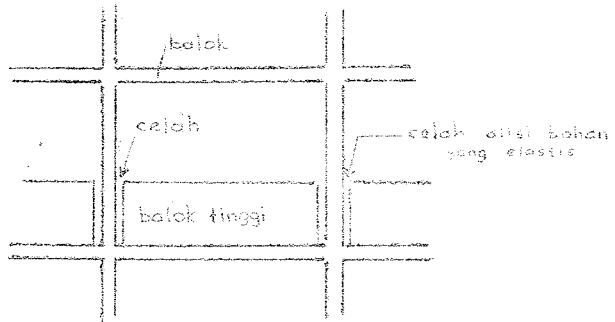
4. Hindarkan perubahan ukuran yang mendadak pada konstruksi utama.
5. Bangunan sedapat mungkin kontinu dan monolit.
Adalah sangat perlu perhatian khusus untuk membuat konstruksi beton prefab yang tahan terhadap gaya gempa yang kuat.
6. Pada struktur bangunan rangka, balok-balok harus lebih terlebih dulu daripada kolom-kolom, sehingga keseluruhan seluruh bangunan masih dapat ditanggungkan. Maka balok spandrel kontinu pada kolom-kolom yang kecil tidak diperbolehkan.

Sebaiknya :

Tetapi jangan :



7. Bila tetap dikehendaki balok tinggi untuk segi arsitekturnya, maka balok itu harus dipisahkan dengan celah dari kolom.



2.2.3. Dinding

Seringkali dinding terjadi karena pengisian rangka bangunan oleh bahan yang kaku seperti batu bata atau blok beton. Interaksi struktur rangka dengan panil pengisi harus diperhitungkan dalam desain, sebab akan terdapat efek respon seismik seluruh struktur dan bagian-bagiannya, kecuali bila jelas dipisahkan dari rangka.

Efek utama dari panil pengisi terhadap respons seismik seluruh struktur adalah sebagai berikut :

- a. Menambah kekakuan dan karenanya menaikkan respons gaya geser dasar dalam gempa.
- b. Menambah kapasitas penyerapan enersi keseluruhan bangunan.
- c. Merubah distribusi geser dari struktur.

Makin fleksibel rangka struktur dasarnya, makin besar efek tersebut diatas.

Karena bahan pengisi sering terbuat dari bahan yang rapuh dan relatif lemah, maka pada gempa yang kuat respons dari struktur demikian akan sangat terpengaruh oleh kerusakan panil pengisi dan karakteristik de-gradasi-kekakuannya.

Ini dapat didekati dengan analisa dinamis.

Prof. Muto dari Jepang telah menggunakan sifat - sifat dinamis dari panil pengisi. Bangunan rangka baja yang

tinggi dipasang panil beton prefab yang tidak hanya memperkaku rangka yang fleksibel terhadap ayunan yang kuat akibat gaya lateral, tetapi juga menaikkan daya penyerapan energi dan sifat kental struktur pada gempa yang kuat.

Karena pengambilan suatu data sebagai kriteria disain gempa yang definitip dapat salah, maka pemakaian gaya-gaya dari perhitungan yang logis adalah jauh lebih baik daripada mengabaikan adanya panil pengisi seperti yang dulu-dulu sering dilakukan. Dengan membuat analisa perbandingan antara mengabaikan dan tak mengabaikan panil pengisi, maka sedikitnya akan terlihat gambaran efek panil pengisi itu. Tegangan geser yang dihitung dalam panil pengisi akan membantu untuk menentukan penulangan yang dipakai dalam panil, dan apakah panil akan diikat kerangka atau tidak.

Perencanaan balok dan kolom yang membatasi panil pengisi biasanya kurang memuaskan. Tegangan didalam rangka tak dapat ditentukan dengan baik, karena didekati dengan model analitik. Keruntuhan akan terjadi diatas dan dasar kolom karena geser yang timbul karena interaksi dengan diagonal tekan yang ada dalam panil pengisi selama terjadinya gempa. Bila analisa menunjukkan keruntuhan panil pengisi, maka rangka harus dianalisa dengan mengabaikan panil yang runtuh, sehingga tegangan rangka yang sesuai yang akan diperhitungkan.

2.2.4. A t a p

Sama halnya seperti lantai, maka atap mempunyai dua fungsi penting :

1. Meneruskan gaya lateral gempa atau angin ke dinding atau kolom yang akan menerimanya.
2. Mencegah distorsi bentuk struktur.

Dengan demikian struktur atap harus kaku.

Pada rangka atap dengan penutup atap genteng, adalah sa ngat perlu untuk memasang batang-batang diagonal sehingga atap dapat berlaku sebagai dia-fragma geser. Ini akan mencegah terjadinya bentuk dinding yang merupakan unsur yang penting pada bangunan satu lantai. Pemasangan batang diagonal juga menstabilkan atap yang harus me nerima gaya gempa atau angin yang arahnya tegaklurus - dinding akhir.

Bahan atap harus dipilih yang seringan-ringannya.

2.2.5. Pelat Lantai

Lantai merupakan massa yang langsung menerima gaya gempa lateral yang kemudian akan diteruskan ke bagian-bagian konstruksi lainnya (dinding atau kolom).

Supaya penerusan gaya gempa itu tidak terganggu dan seimbang, maka lantai harus cukup kaku dan lubang-lubang pada lantai harus dibuat sekecil-kecilnya, sehingga lantai berfungsi sebagai diafragma mendatar. Sendi plastik akan terjadi pada daerah sekitar kolom yang akan diterima oleh balok. Maka sistim lantai yang ekonomis adalah sistim lantai dengan balok-balok. Dengan sendirinya sistim lantai cendawan tidak dianjurkan. Bila tetap dikehendaki sistim lantai cendawan, maka harus ada kepala kolom. Demikian pula sistim lantai wafel, ini harus direncanakan dengan teliti, terutama bagian antara kolom dan pelat. Lantai harus dihitung terhadap beban gravitasi dan gaya-gaya lintang yang timbul karena lantai berfungsi sebagai diafragma.

Tebal lantai minimum, tebal penutup beton, dan lain - lain sesuai dengan PBI 1971 (NI-2).

2.2.6. Komponen Non-struktur

Dalam perencanaan suatu bangunan tahan gempa, komponen non-struktur juga mempunyai tempat tersendiri yang tidak boleh tidak diperhatikan perencanaan dan detail sambungan-sambungannya.

Misalnya tangga; bila terjadi gempa pada bangunan bertingkat, maka mereka yang berada didalam akan serentak lari meninggalkan bangunan melalui tangga. Karena itu tangga harus tetap dapat berfungsi bila terjadi gempa. Selain itu lebar dan material tangga harus juga diperhatikan. Sebaiknya ini dihubungkan dengan syarat kebakaran, karena bukan mustahil bahwa selama terjadi gempa juga terjadi kebakaran.

Supaya tangga dapat tetap berfungsi, maka salah satu ujung dari tangga harus dipisahkan dari struktur utama. Sambungan partisi dan "cladding panels" dengan rangka struktur harus didetail dengan cermat supaya tidak mudah terlepas dan menjatuhkan orang.

3. BAHAN BANGUNAN

Dalam perencanaan walk up flat diatas perlu ditinjau keadaan bahan bangunannya sehubungan dengan adanya gempa dan merupakan faktor yang cukup penting karena mempengaruhi kekuatan konstruksi.

3.1. Tinjauan umum bahan bangunan

3.1.1. B a j a

Keuntungan bangunan rangka baja ialah bangunannya liat, tegangan tarik dan tegangan tekan maksimumnya sama, pelaksanaannya mudah dan cepat.

Sebaliknya, bangunan rangka baja mempunyai kerugian-kerugian juga misalnya ketahanannya terhadap kebakaran, dan khusus untuk Indonesia harganya mahal serta pabrik baja yang ada terbatas produksinya.

3.1.2. K a y u

Di Indonesia pengawetan kayu mahal harganya untuk daerah tropis, kayu lebih cepat busuk karena lembab serta perbedaan temperatur.

Selain itu, kayu mahal harganya karena tidak adanya reboisasi dan kayu yang ada masih muda umumnya, banyak diperdagangkan; tegangan yang dapat dipikul juga terbatas.

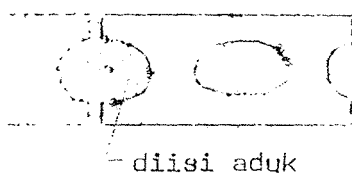
3.1.3. Beton bertulang

Kebutuhan portland semen untuk konstruksi beton bertulang dapat cukup terpenuhi.

Dengan memperhatikan syarat-syarat ketahanan kebakaran maka konstruksi beton bertulang lebih tahan terhadap bahaya kebakaran, juga sangat efisien untuk bangunan tinggi dengan bentang besar. Sebaliknya konstruksi cukup berat, sehingga untuk tanah yang jelek, akan memerlukan pondasi yang cukup mahal.

3.1.4. Batako

Penggunaan batako sebagai dinding kurang disukai, sebab pelekatannya satu sama lain kurang kuat. Bila batako diberi tulangan, maka daya lekat dapat diperbaiki, tetapi pemasangan tulangan pada batako sangat sulit untuk dilaksanakannya.



Bagian dari batako yang dipasang tulangan sangat sulit untuk diisi dengan adukan yang cukup padat, sehingga waktu pelaksanaan

laksananya akan sangat lama. Masalah lain yang dihadapi ialah, bahwa dinding batako akan selama berbulan-bulan, bahkan bertahun-tahun masih mengalami proses penyusutan. Jadi pada waktu bangunan sudah dihuni, proses penyusutan masih terus berlangsung.

3.1.5. Batu bata berlubang

Batu bata berlubang (hollow brick) menguntungkan untuk dipakai menyekat/memisahkan flat yang satu dengan yang lainnya, sebab dapat mengabsorbsi suara, serta cukup kuat untuk dipakai sebagai dinding pengisi tetapi di Indonesia, batu bata berlubang ini sedikit produksinya dan mahal harganya.

3.1.6. Batu bata merah

Batu bata banyak dipergunakan sebagai dinding pengisi - bangunan-bangunan sebab kuat, sehingga tidak memerlukan banyak kolom praktis.

3.1.7. Genteng

Genteng adalah bahan penutup atap yang banyak terdapat di Indonesia.

Tetapi genteng pemasangannya tidak dipakukan atau diikat pada struktur kap, sehingga bila terjadi keruntuhan struktur kap akibat gempa, genteng akan jatuh berhamburan.

Maka bila akan dipergunakan genteng, struktur kap harus cukup kuat, sehingga tidak runtuh bila ada gaya gempa dan tidak menimbulkan kecelakaan.

Juga genteng adalah relatif berat.

3.1.8. Seng gelombang

Seng gelombang mempunyai berat yang relatif enteng, mu-

rah harganya, dan mudah serta cepat pemasangannya.

Tetapi ruangan dibawah atap seng akan tinggi suhu udaranya serta menimbulkan kegaduhan bila tertimpa air hujan. Dengan demikian diperlukan plafon atau bahan isolasi lain.

3.1.9. Aluminium gelombang

Atap aluminium gelombang ringan, mudah dan cepat pemasangannya, serta tidak menaikkan suhu ruangan yang dibawahnya.

Hanya saja di Indonesia harganya relatif tinggi.

3.1.10. Asbeston gelombang

Atap asbes gelombang tidak seingan atap seng atau aluminium, tetapi masih lebih ringan dari atap genteng.

Karena terdiri atas lembar-lembar yang lebar, maka pemasangannya cepat.

Hanya pemasangannya atap asbes gelombang ini membutuhkan kecermatan supaya tidak bocor.

Harganya relatif murah, dan sudah banyak diproduksi di Indonesia.

Ruang yang ada dibawahnya tidak panas, serta tidak gaduh pada waktu hujan.

3.2. Syarat-syarat bahan bangunan

Bahan bangunan untuk konstruksi rumah susun sederhana ta-
han gempa sekurang-kurangnya harus memenuhi syarat-sya-
rat berikut :

3.2.1. B e t o n

Sekurang-kurangnya harus dipakai beton kelas II dengan
mutu K175 dengan kekuatan tekan karakteristik

$$f_{bk}' = 175 \text{ kg/cm}^2.$$

Dianjurkan untuk memakai beton kelas II dengan mutu -
K225 dengan kekuatan karakteristik $f_{bk}' = 225 \text{ kg/cm}^2$.

Untuk ini akan diperlukan campuran nominal semen, pasir
dan kerikil (atau batu pecah) dalam perbandingan 1:2:3
atau perbandingan lainnya yang direncanakan, yang arti-
nya campuran dapat dibuktikan dengan data otentik dari -
pengalaman pelaksanaan beton diwaktu yang lalu atau de-
ngan data dari percobaan pendahuluan, bahwa kekuatan te-
kan karakteristik yang disyaratkan dapat tercapai.

Juga jumlah semen minimum dan nilai faktor air semen
maksimum yang dipakai harus disesuaikan dengan keadaan
sekelilingnya. Dalam hal ini dianjurkan untuk memakai -
tabel berikut untuk menentukan jumlah semen minimum dan
nilai faktor air semen maksimum.

Jumlah semen minimum dan nilai faktor air semen maksimum

	jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosip	275	0,60
b. Keadaan keliling korosip disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosip	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan:		
a. air tawar	275	0,57
b. air laut	375	0,52

Setiap kali harus dilakukan percobaan terhadap benda uji yang diambil dari beton yang dicor untuk konstruksi struktural. Untuk setiap 3 m³ beton harus dibuat satu benda uji, sehingga terkumpul 20 benda uji.

Ukuran benda-benda uji dapat berupa kubus 15 x 15 x 15 cm atau silinder \varnothing 15 x 30 cm. Kemudian benda-benda uji ini harus diperiksa kekuatannya untuk mendapatkan gambaran berapa kekuatan tekan karakteristiknya pada umur 28 hari.

3.2.2. Besi beton

Mutu besi beton yang diambil harus disesuaikan dengan yang terdapat di pasaran. Dianjurkan untuk memakai besi beton mutu U 32 dengan kekuatan tarik/tekan baja rencana $f_{au} = f'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$.

Bila akan dipakai besi beton dengan mutu yang lebih tinggi, maka tidak boleh dipakai mutu baja yang lebih tinggi dari U 39.

Sedangkan untuk tulangan geser lentur dan/atau geser puntir, tidak boleh dipakai mutu baja lebih tinggi dari U 32.

Berhubung dengan beraneka ragamnya mutu besi beton yang ada di pasaran, maka setiap pemakaian besi beton harus diteliti dahulu mutunya dari sertifikatnya atau dengan dilakukan test terlebih dahulu.

3.2.3. Kayu konstruksi

Bila untuk konstruksi kap/kuda-kuda akan dipakai bahan dari kayu, maka sekurang-kurangnya harus dipakai kayu kelas II dengan jenis kayu yang disesuaikan dengan persediaan kayu yang ada di masing-masing daerah; syarat kekuatan kayu kelas II ini dapat dilihat dari tabel PKKI atau Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.

3.2.4. Baja rangka

Bila akan dipakai konstruksi kap baja, maka sekurang-kurangnya harus dipakai baja mutu St 37. Sedangkan untuk gording dapat dipakai profil C dari SINAPATT.

4. SISTIM PENGECORAN

Sedapat-dapatnya beton harus dicor secara kontinu. Tetapi bila hal itu tidak mungkin, maka pemberhentian pengecoran diperbolehkan dengan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Fondasi atau pur, balok sloof dan kaki kolom setinggi 5 cm dicor pada waktu yang sama. Bila hal ini tidak mungkin, maka pengecoran balok sloof dapat dilakukan terpisah.
2. Setelah permukaan atas dari kaki kolom yang 5 cm itu dikasarkan, maka dilanjutkan dengan pengecoran kolom-balok pelat selanjutnya, yaitu meliputi seluruh tinggi kolom + 5 cm dari kolom yang di atasnya, serta balok + pelat selebar $1/4 L$ dari tepi kolom.

Bila ini misalnya dilaksanakan pada hari ke-1, maka hari ke-2 dilakukan pengecoran $2 \times 1/4 L$ dari bagian kolom-balok-pelat berikutnya. Dan pada hari ke-3, dicor bagian balok-pelat yang diantaranya.

Demikian seterusnya sampai semua bagian selesai.

3. Selama ini harus dijaga supaya tidak terjadi susut dengan cara membasahi terus menerus beton yang selesai dicor selama 2 minggu sedikitnya.

4. Ada 3 macam siar pengecoran :

Type A : agak kasar, didapat dengan cara menyemprot beton dengan air yang bertekanan tinggi, kekasaran

an 2 - 3 mm.

Type B : lebih kasar, didapat dengan cara mekanis, kekasaran 5 - 6 mm.

Type C : kunci geser (shear key), didapat dengan bantuan papan yang diberi bentuk khusus.

5. Pada pelat, siar pengecoran cukup dengan memakai type A. Pada kolom, siar pengecorannya memakai type B. Sedangkan pada balok sebaiknya dilakukan siar pengecoran type C.

Untuk jelaanya lihat gambar berikut :

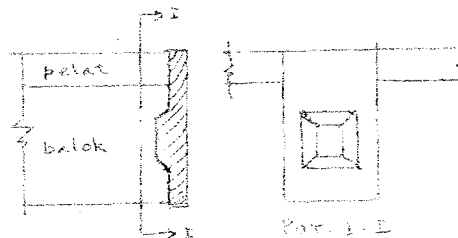
Siar pengecoran :



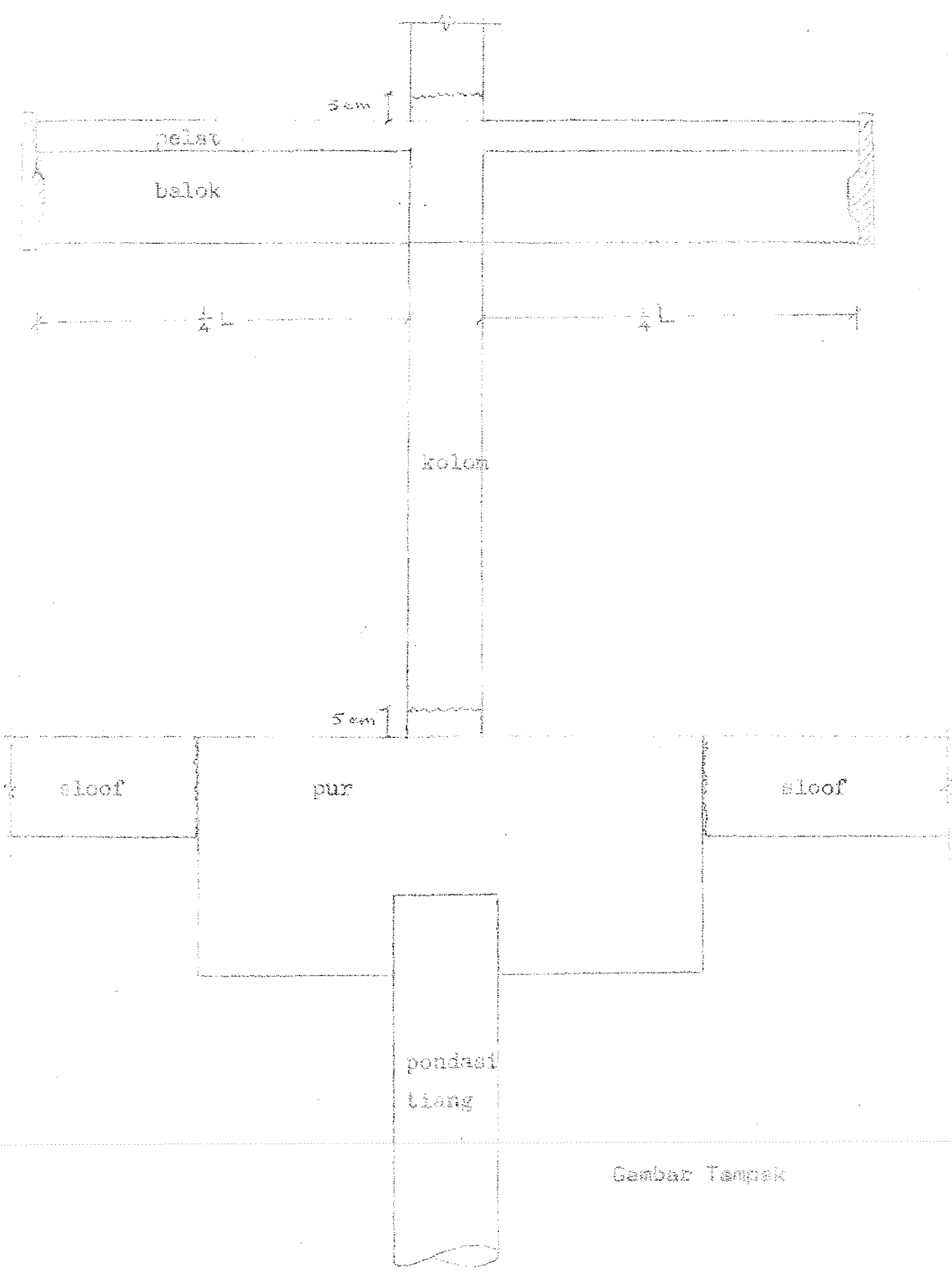
Type A



Type B



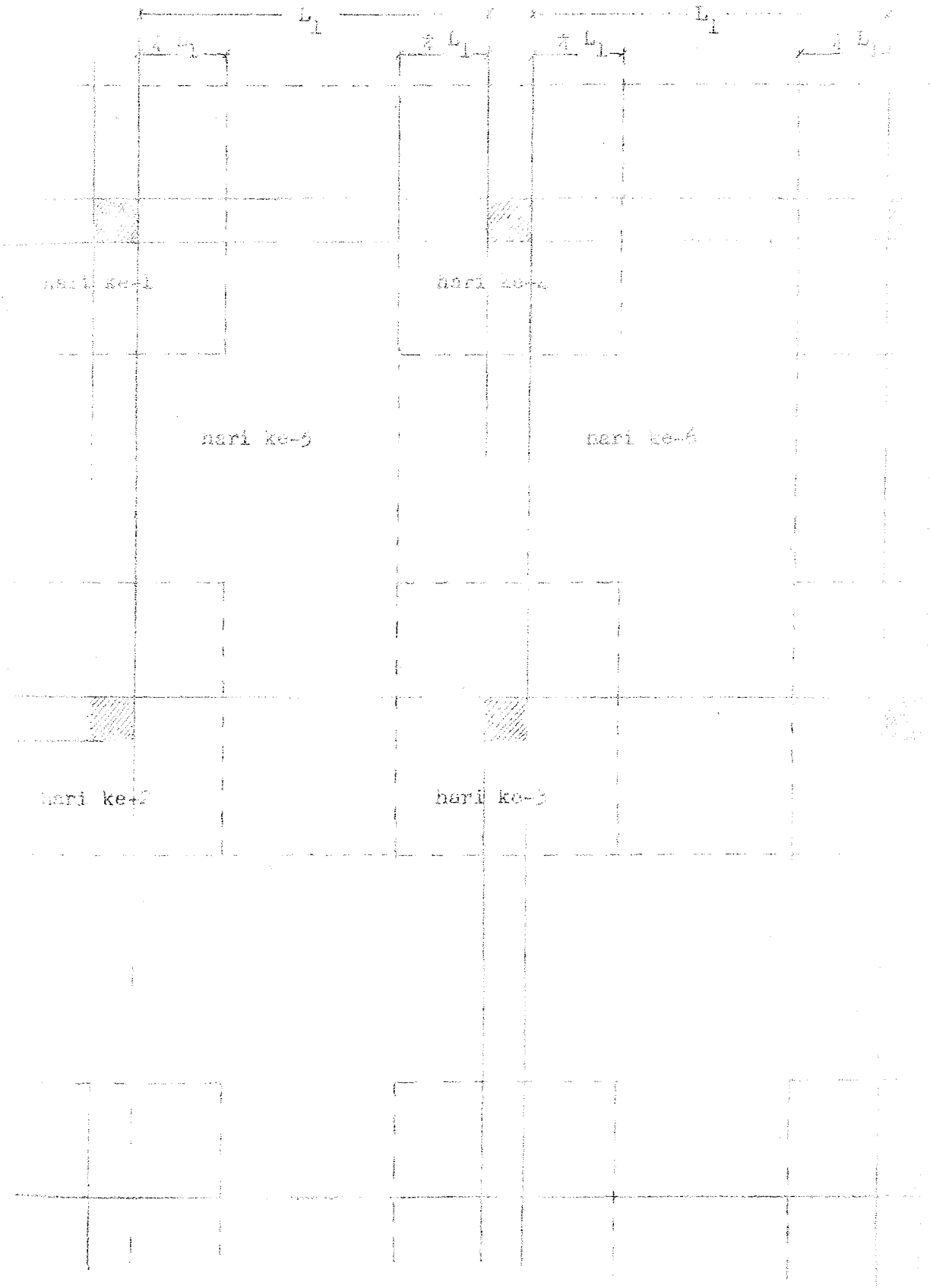
Type C



Gambar Tempak

Siar Penggezeran pada Balok, Kolom, Pur dan Sloof

Jumlah Denah Siar Pengedaran Pelat-Balok-Kolom



5. SYARAT-SYARAT KOMPONEN STRUKTUR

5.0. U m u m

Setelah dalam bab 2 dijelaskan apa yang menjadi dasar perencanaan struktur Walk Up Flat, maka sekarang akan dibahas detail dari tiap-tiap komponen struktur. Hal-hal yang penting akan dijelaskan dengan gambar, juga akan ditentukan syarat-syarat minimumnya.

5.1. Pondasi

Pondasi dari balok sloof harus direncanakan untuk dapat menerima beban aksial, geseran dan momen yang berasal dari bangunan atas sebagai akibat dari beban gravitasi dan beban gempa yang bekerja bersama-sama.

Pondasi harus dapat menahan gaya gempa keatas (pull - out forces).

Balok sloof:

Sekurang-kurangnya balok sloof harus dapat menerima gaya normal sebesar 10% dari gaya normal maksimum kolom.

Baik pada gaya normal tarik atau tekan, berlaku hal-hal berikut:

⌀ minimum tulangan memanjang = 16 mm, dengan jumlah luas minimum 1% dan maksimum 6%.

⌀ minimum sengkang 10 mm dengan jarak $\frac{2}{3}$ tinggi balok atau 20 cm, pilih yang terkecil, atau sesuai dengan per-

hitungan akibat geser.

Bila balok sloof akan diletakkan di atas pondasi batu kali menerus, maka harus dipasang angker-angker 16 mm pada setiap jarak 1,5 m.

Panjang angker yang masuk sloof = $\frac{2}{3}$ tinggi sloof, dan yang masuk pondasi batu kali minimum $\frac{2}{3}$ tinggi pondasi. Bila sebagian dari momen kolom harus dapat diteruskan ke balok sloof maka balok sloof harus diperhitungkan terhadap momen dan gaya normal, dan sambungannya dengan kolom adalah seperti sambungan balok-kolom.

Kaki kolom dan pur:

Senggang pada kaki kolom harus dirapatkan jaraknya seperti pada gambar.

Tebal pur harus dapat diperhitungkan terhadap geser pada akibat beban aksial maksimum dari kolom.

Penulangan minimum pada pur = 0,15% tiap arah.

Harus ada hubungan/ikatan yang teguh antara pur dan tiang pondasi, supaya dapat menahan gaya gempa; maka penulangannya harus cukup supaya pur tidak terpisah dari pondasi tiang.

Type-type pondasi:

Bila lapisan tanah yang kuat menahan bangunan ada di tempat yang relatif dangkal, maka struktur dapat didukung oleh pondasi dangkal. Asalkan tidak terjadi gaya guling

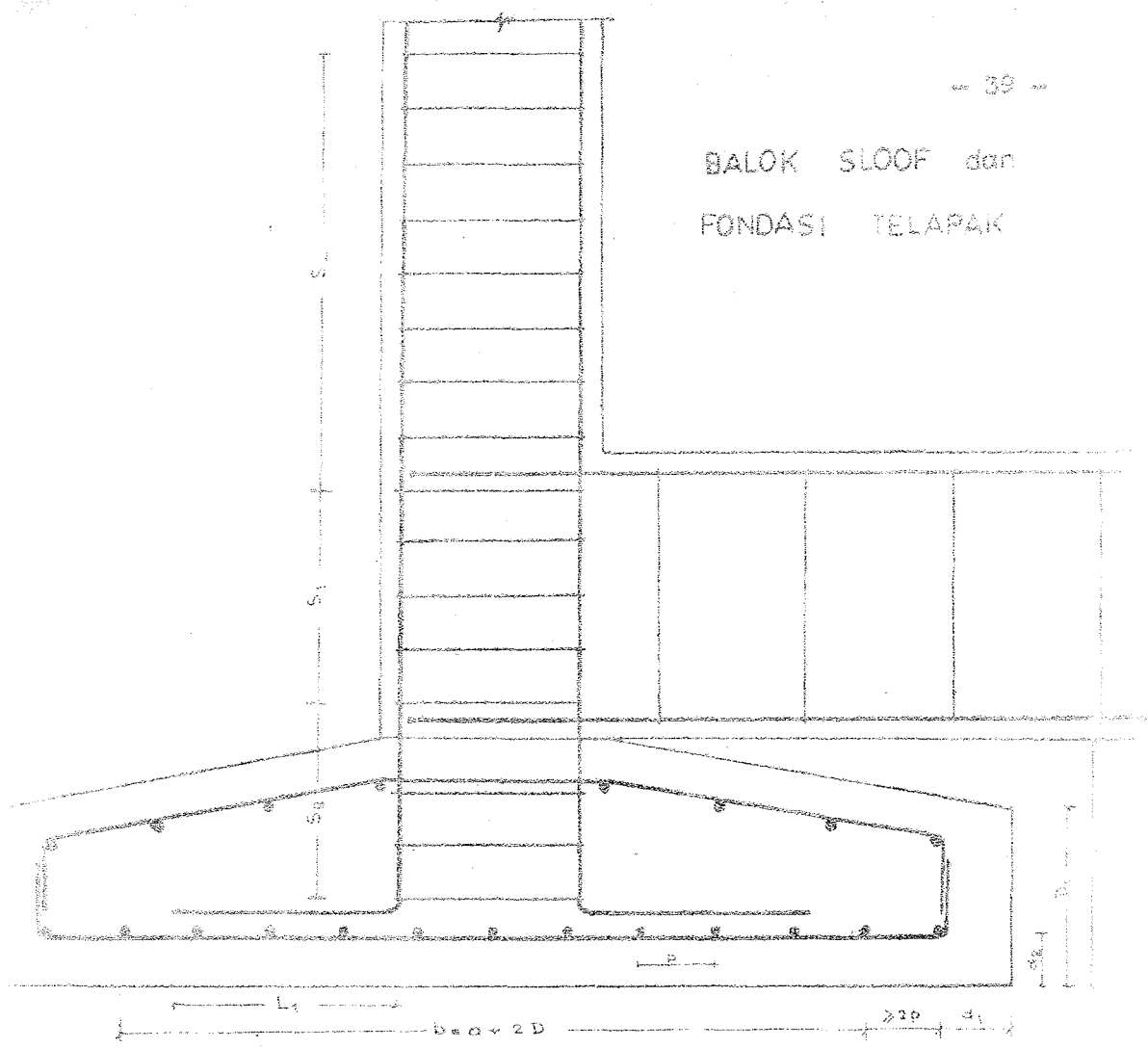
bersih (net uplift forces).

Bila lapisan tanah yang diatas sangat lunak, maka beban diteruskan ke lapisan yang lebih kuat di tempat yang lebih dalam oleh pondasi tiang atau pondasi sumuran.

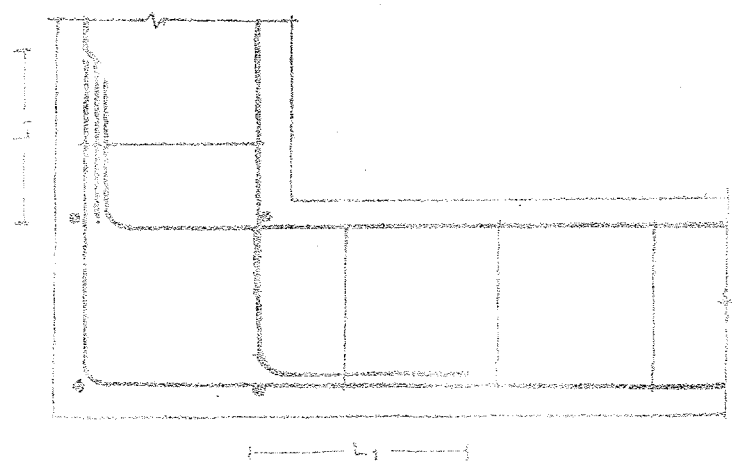
Macam-macam pondasi dangkal :

- a. Pondasi pelat (mat or raft foundation), bila pelat pondasi melingkupi seluruh denah bangunan.
- b. Pondasi jalur atau pondasi telapak menerus (spread footing, footing foundation), bila beberapa bagian dari struktur didukung tersendiri, atau lebih dari satu kolom atau dinding dipikul oleh sebuah pelat pondasi yang menerus.
- c. Pondasi telapak atau pondasi setempat, bila pondasi memikul satu kolom tunggal.

BALOK SLOOF dan FONDASI TELAPAK

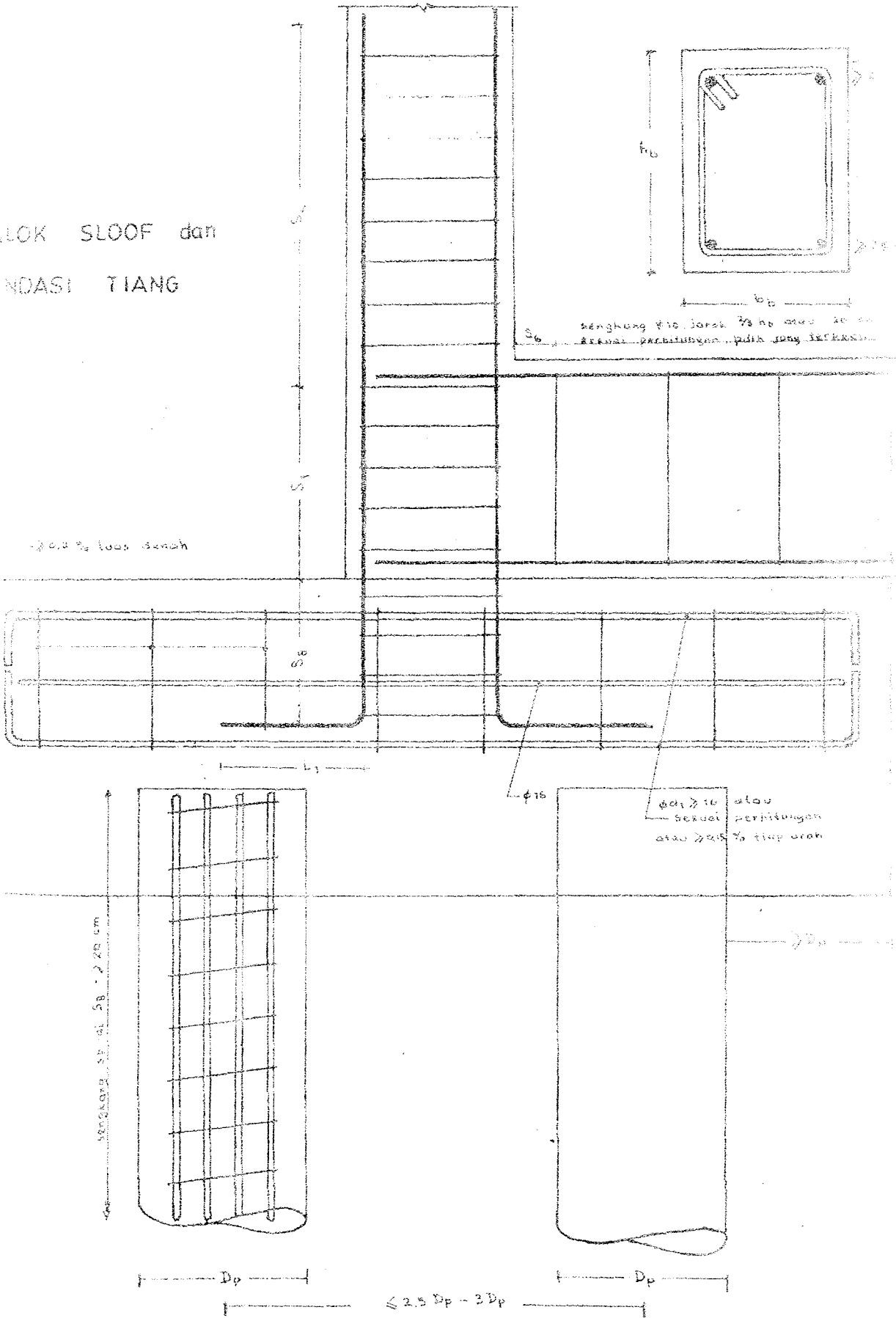


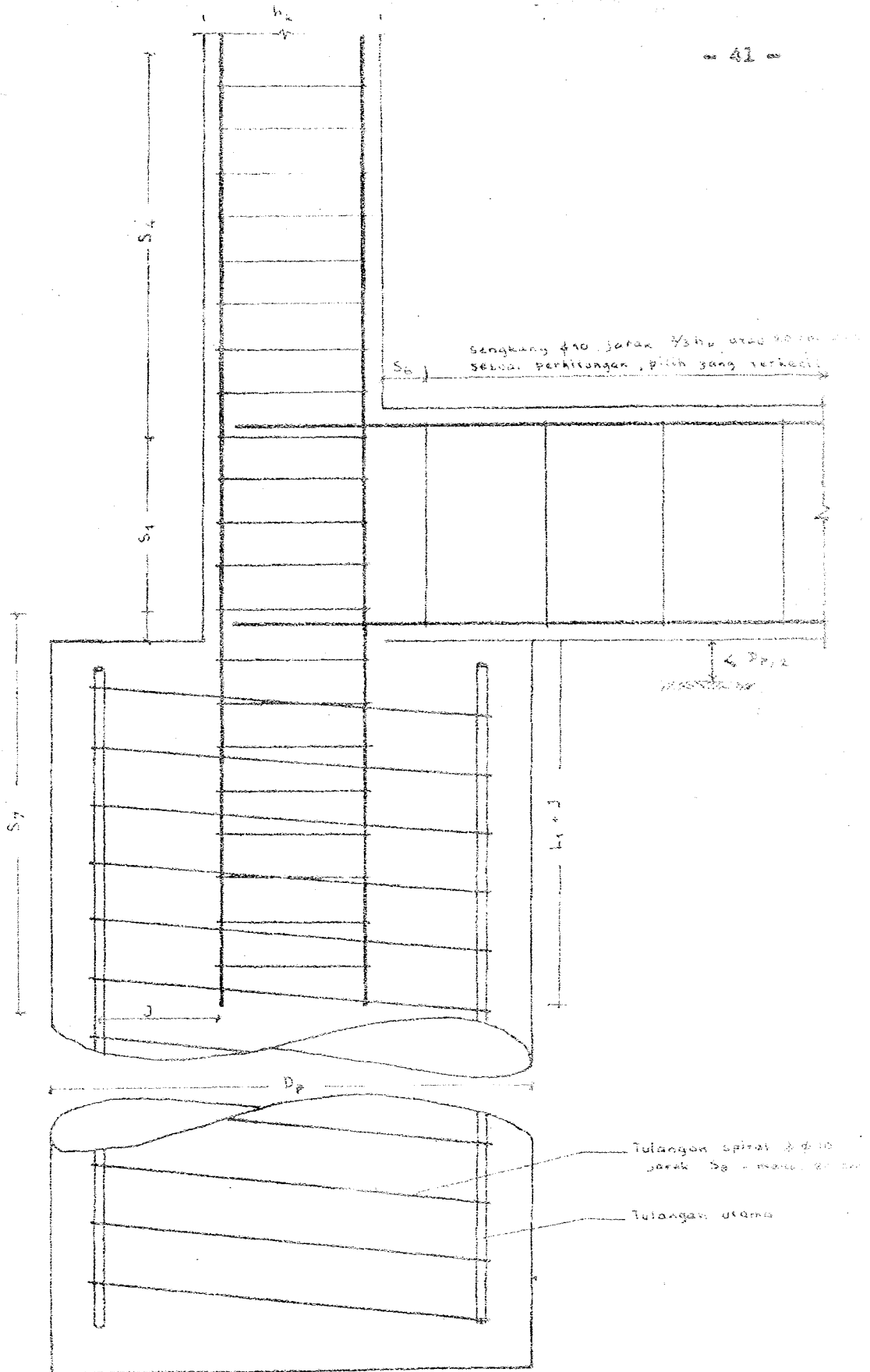
ENAH PERTEMUAN ALOK SLOOF



- lebar sayap : $d_1 = 2 \cdot 10 \text{ cm}$ (selanjut beton $> 5 \text{ cm}$)
- $d_2 \geq 2,5 \text{ cm}$ (bersih)
- $D_1 \geq 25 \text{ cm}$ untuk pondasi telapak
- $\geq 35 \text{ cm}$ untuk pondasi tiang
- D : harus memenuhi tegangan geser pada
- a = lebar kolom

LOK SLOOF dan FONDASI TIANG





PIER BETON BERTULANG

Tulangan Pier Beton

$$\text{Luas spiral (min } \emptyset 10 \text{ mm)} = 0,1 \times D_p \times S_g \left(\frac{D_p^2}{(D_p-10)^2} - 1 \right)$$

Dimana D_p adalah diameter tiang dalam cm

Luas tulangan tiang ambil yang terbesar dari :

0,005 luas tiang atau luas tulangan baja yang diperlukan untuk menahan moment dalam kolom pada level pondasi.

Catatan:

Piers dengan panjang/ $D_p < 4$

Tulangan piers boleh dihilangkan dalam piers yang pendek jika gabungan moment dan beban normal sedemikian rupa sehingga penampang piers tidak terdapat tegangan tarik dan tegangan geser yang lebih kecil dari 2 kg/cm²

Piers dengan panjang/ $D_p > 4$

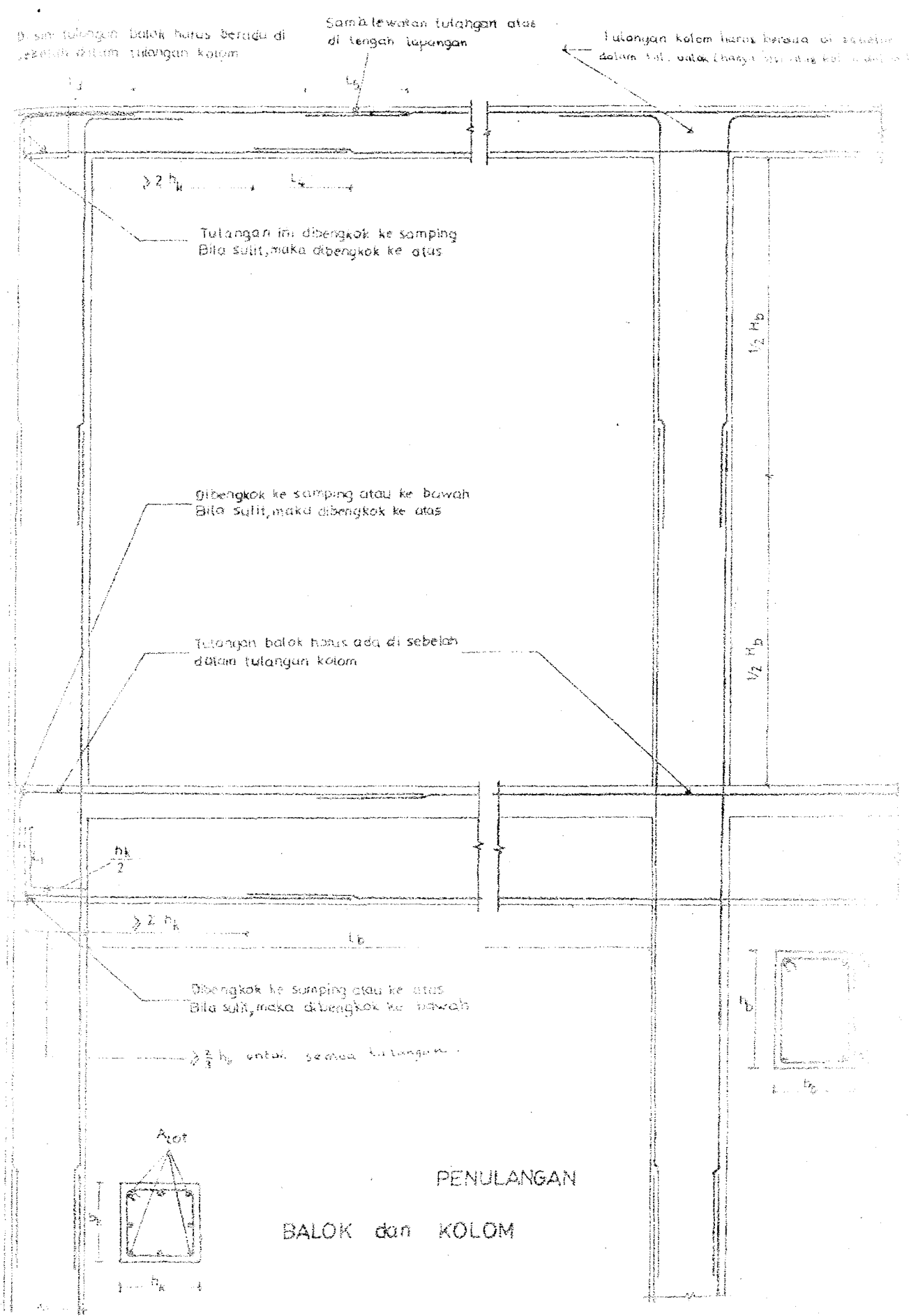
Penulangan dihitung dengan analisa biasa

Catatan:

- Maksimum ukuran agregat = 100 mm atau 3/4 S_g pilih mana yang lebih kecil
- Tebal selimut beton maks 150 mm
- Minimum selimut beton adalah 75 mm atau ukuran maksimum agregat, pilih mana yang lebih besar.

5.2. Rangka (balok dan kolom)

Untuk meninjau balok dan kolom pada rangka struktur sehubungan dengan keadaan gempa, selain syarat-syarat yang tercantum dalam P.B.I. 1971, juga harus diperhatikan hal-hal berikut :



PENULANGAN
BALOK dan KOLOM



Ukuran-ukuran minimum

Kolom b_k & $h_k > 25$ cm

Balok $h_b > l_b/18,5$

Luas minimum dari tulangan utama

$$\left. \begin{array}{l} A_i > \\ A_i' > \end{array} \right\} \frac{14}{100} b_b h$$

A_i' pada permukaan kolom harus lebih besar dari pada $0,5 A_i$

$$0,01 h_k b_k < A_{tot} < 0,06 h_k b_k$$

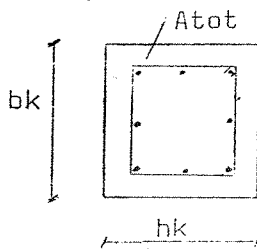
A_i : luas tulangan pada bagian atas balok

A_i' : luas tulangan pada bagian bawah balok

A_{tot} adalah luas total dari tulangan kolom

A_{tot} harus lebih besar dari $0,08 h_k b_k$ pada tiap sambungan

Potongan kolom



Sekurang-kurangnya satu tulangan kolom tengah diperlukan ditiap muka: tulangan ini tidak terlihat pada gambar tampak.

Panjang sambungan lewatan

<u>T e m p a t</u>	<u>tulangan polos</u> <u>tulangan ulir</u>	
L ₁ Ujung tulangan balok		L ₂
L ₂ Tulangan kolom	16 d ² 60 cm	ambil yang terbesar { 11 d ² 40 cm
L ₃ Tulangan lewatan atas didalam daerah 2h dari permukaan kolom	30 d ² 110 cm	ambil yang terbesar { 20 d ² 72 cm
L ₄ Lewatan dari tulangan bawah balok	20 d ² 75 cm	ambil yang terbesar { 14 d ² 50 cm
L ₅ Lewatan dari tulangan balok bagian atas ti- dak termasuk dalam L ₃		L ₂

Jika tegangan leleh baja melampaui 2400 kg/cm² panjang sambungan lewatan harus dikalikan dengan $\frac{\sigma_{au}^*}{2400}$

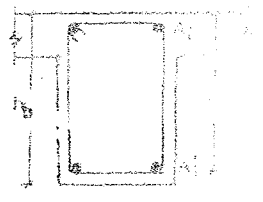
Dimana : σ_{au}^* : tegangan leleh baja beton dalam kg/cm²

d : diameter tulangan dalam cm

jarak sengkang seperti balok bawah

bila $N_u < 0,4 N_{ub}$ $\left\{ \begin{array}{l} \geq 4 h_k \\ \geq 4 b_k \end{array} \right\}$ pilih yang terbesar

bila $N_u > 0,4 N_{ub}$ $\left\{ \begin{array}{l} \geq h_k \\ \geq b_k \\ \geq H_0/4 \end{array} \right\}$ pilih yang terbesar



$4h_k$

$4b_k$

S_2

S_3

DETAIL SENGKANG RANGKA LUAR

A_{lu}



Detail sengkang rangka luar

<u>Jarak</u>		Luas minimum (luas total da- ri sengkang)		
S_1	<p>bk/4 ambil yang hk/4 terkecil 10 cm = a_{s1}</p>	$\frac{A_i \sigma_{au}^* a_{s1}}{\sigma_{auh}^* h k}$	<p>} ambil yang terbesar yang tegak lurus terha- dap rangka ini</p>	
		<p>\varnothing 10 mm</p> <p>seperti diperlukan</p> <p>untuk rangka yang</p> <p>tegak lurus terha-</p> <p>dap rangka ini</p>		
S_2	<p>h/4 ambil yang 20 cm terbesar</p>	$\frac{0,15 A_i a_{s2}}{h}$		<p>} ambil yang terbesar</p>
		$\frac{0,15 A_i' a_{s2}}{h}$ <p>\varnothing 10 mm</p>		
S_3	<p>$2 S_2 = a S_3$</p>	<p>\varnothing 10 mm</p>		
S_4	<p>S_1 jika $N_u > 4 N_{ub}$ atau S_2 jika $N_u < 4 N_{ub}$ = $a S_4$</p>	$\frac{A_{tot} a_u a_{s4}}{H_b a_u h}$	<p>} ambil yang terbesar</p>	
		<p>\varnothing 10 mm</p> <p>Seperti S_2 untuk lu</p> <p>as tulangan kolom</p>		
S_5	<p>2 kali $S_4 = a S_5$</p>	<p>\varnothing 10 mm</p>		
S_6	<p>7,5 cm</p>			

σ_{au}^* = tegangan leleh tulangan pokok dalam kg/cm^2

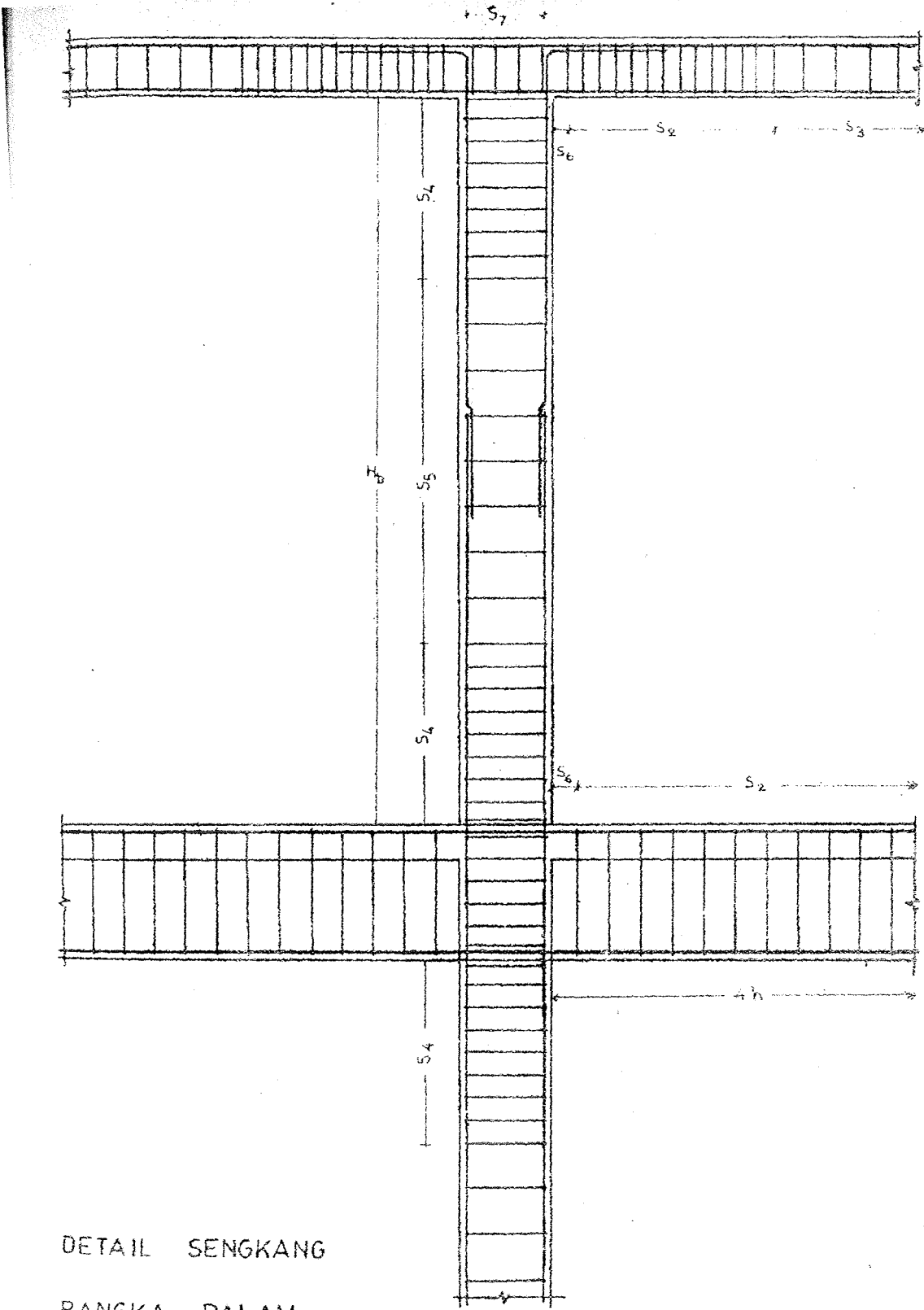
σ_{auh}^* = tegangan leleh tulangan sengkang dalam kg/cm^2

N_u = tegangan normal pada kolom

N_{ub} = tegangan normal untuk memberikan keseimbangan batas

Catatan :

Semua sengkang harus direncanakan untuk geseran yang disebabkan oleh beban gravitasi pada rangka normal sesuai dengan N. I.2.



DETAIL SENGKANG
 RANGKA DALAM

Detail sengkang rangka dalam

S₇ Sengkang

Jarak

a_{S7} bk/4
 hk/4 } ambil yang
 10 cm } terkecil

$$\text{Luas : } \frac{(A_i + A_i') \sigma_{au} \times a_{S7}}{\sigma_{auh} \times hk}$$

$$0,64 \text{ cm}^2$$

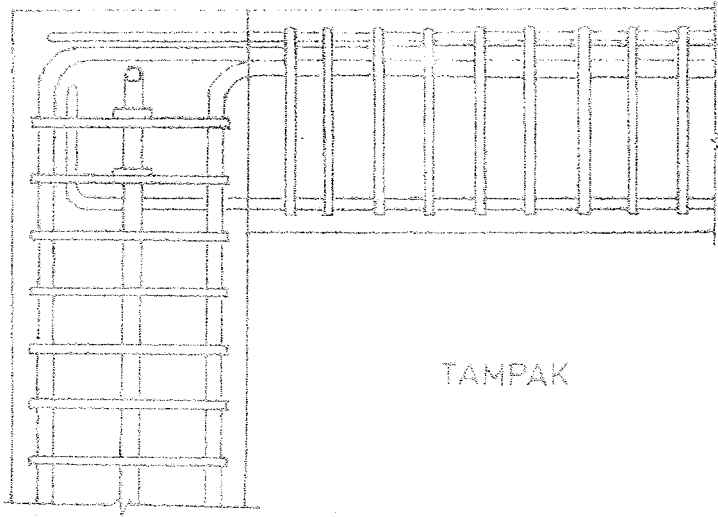
Seperti yang diperlukan untuk
rangka pada rangka yang tegak
lurus pada rangka ini

$$\frac{A_{tot} \sigma_{au} \times a_{S7}}{2 \sigma_{auh} \times hk}$$

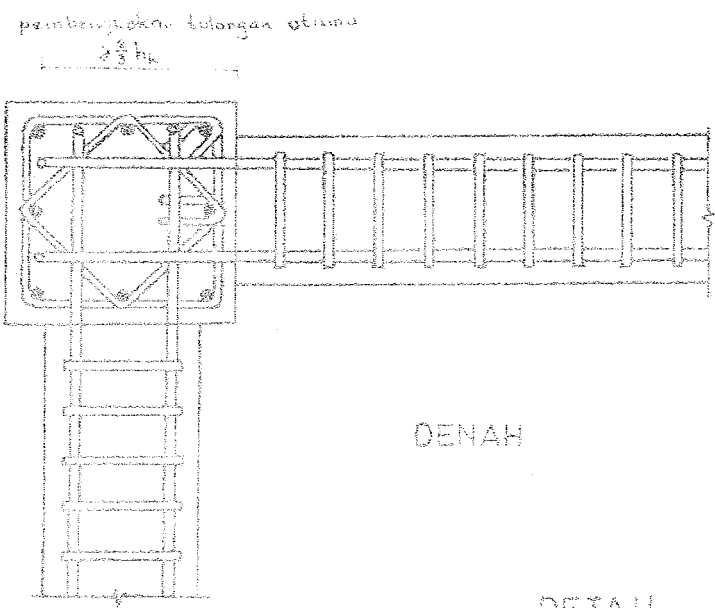
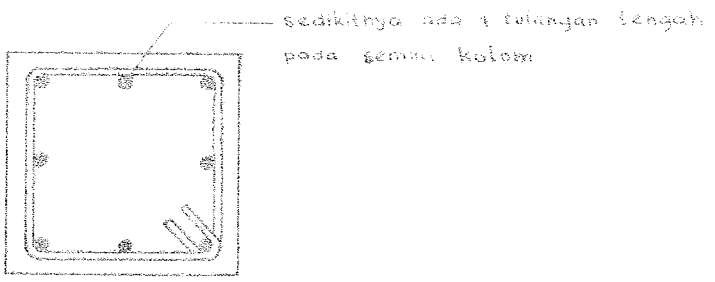
ambil
yang
terbesar

Catatan :

Semua detail sengkang seperti gambar detail sengkang
rangka luar jika tidak ditentukan lain.



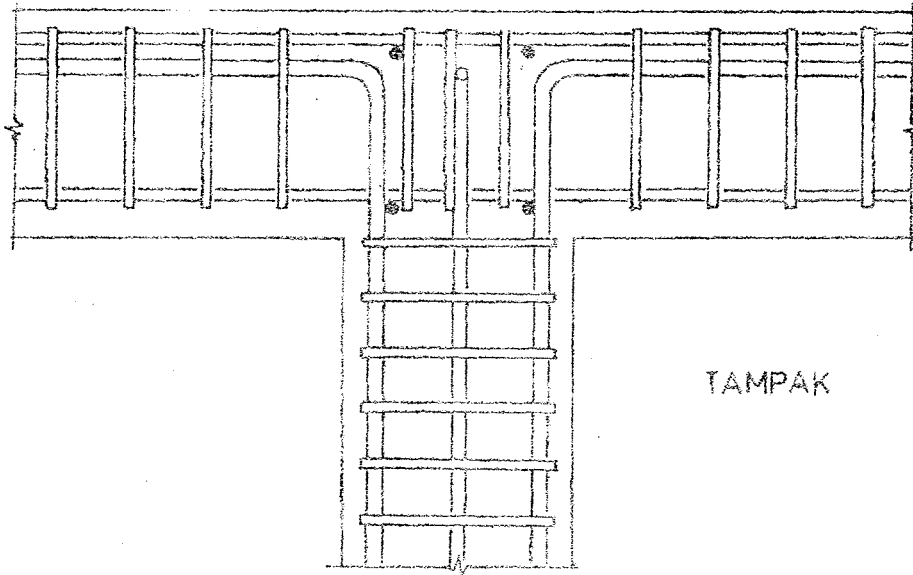
TAMPAK



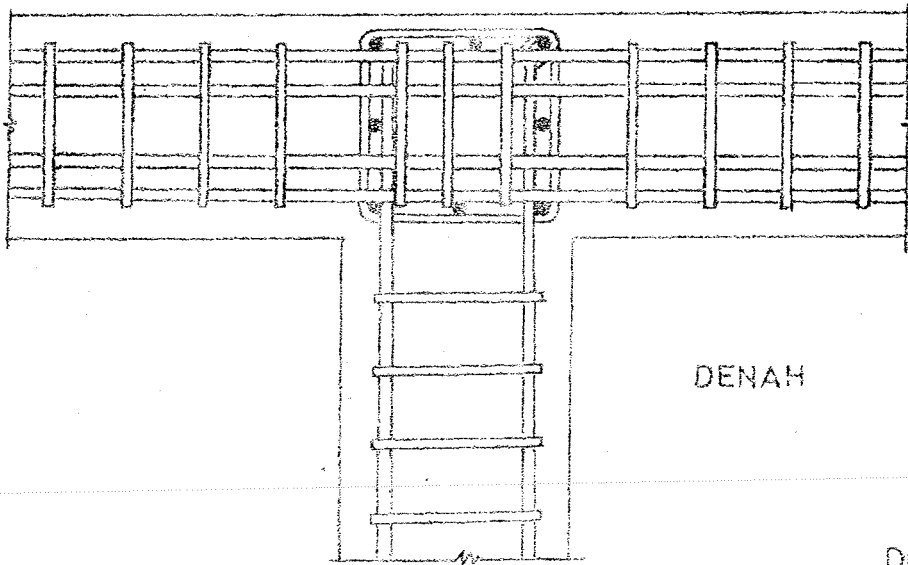
DENAH

DETAIL

HUBUNGAN BALOK - KOLOM



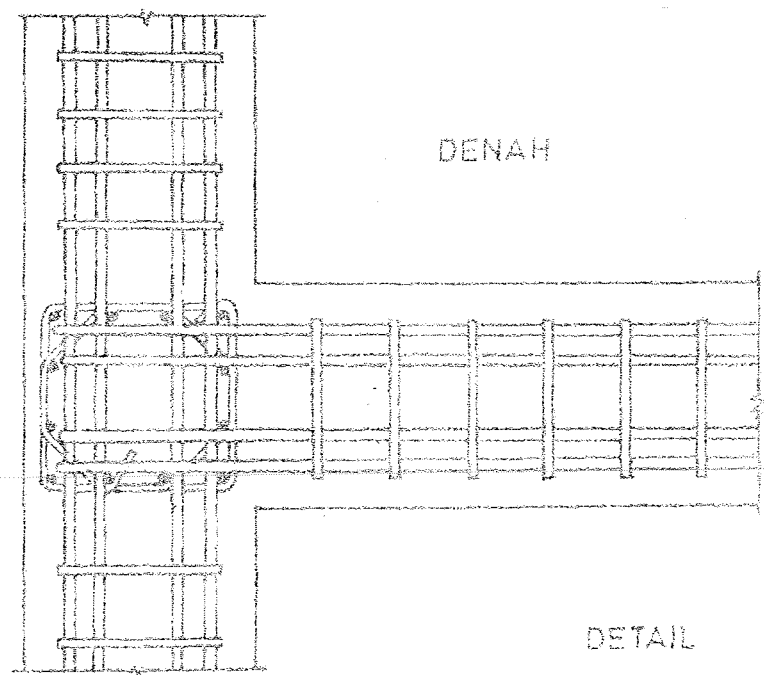
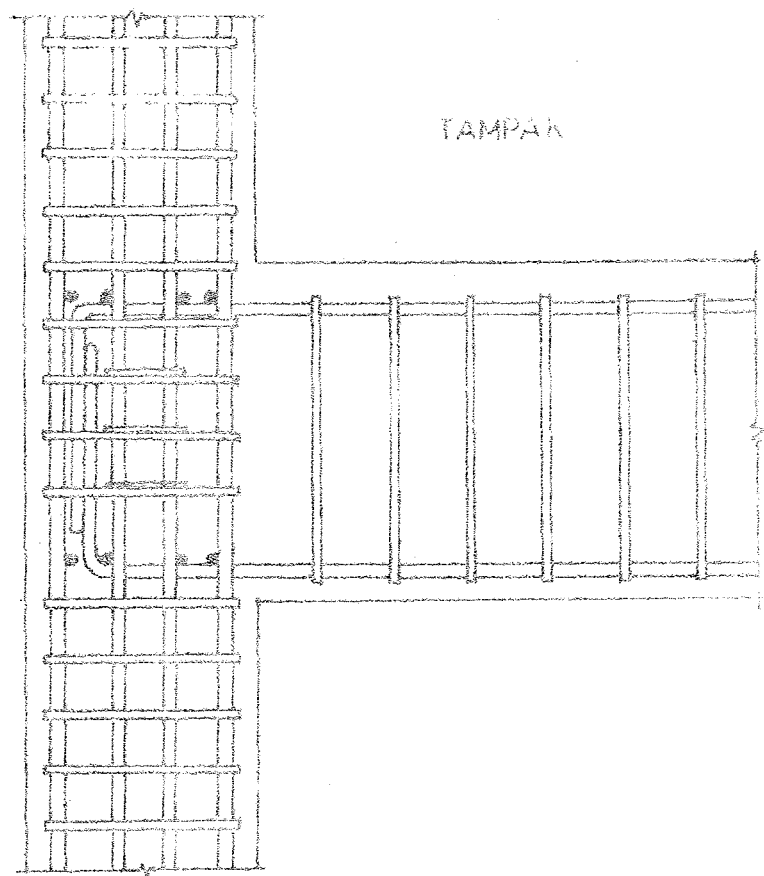
TAMPAK



DENAH

DETAIL

HUBUNGAN BALOK - KOLOM



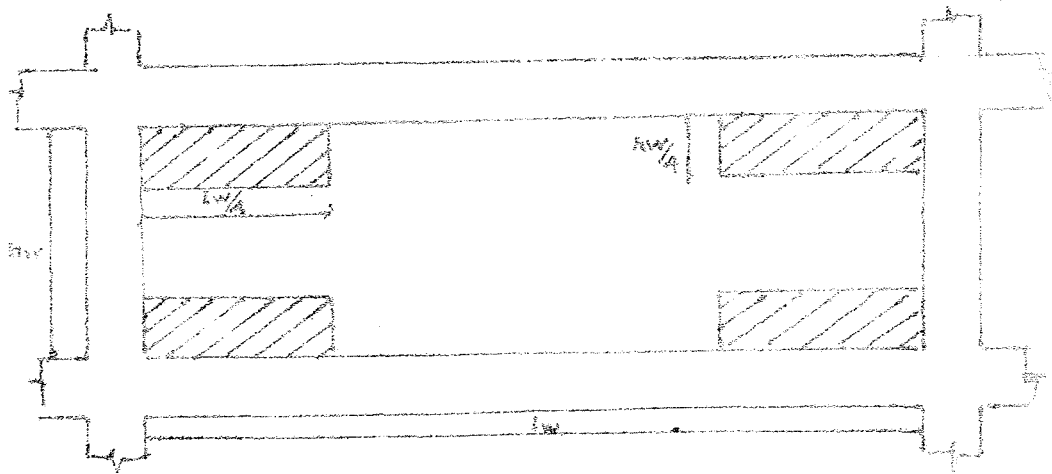
min. 2,5 cm
Jarak antar kawat
maksimum
min. 2,5 cm

DETAIL
HUBUNGAN BALOK - KOLOM

5.3. Dinding

Penempatan dinding pada struktur bangunan, harus diusahakan sebagai berikut :

1. Dinding harus dipasang menerus dari atas sampai lantai bawah dan mempunyai bidang sumbu yang sama.
2. Seluruh ketinggian suatu tingkat, terutama dibagian bawah, tidak diperbolehkan kosong sama sekali bila di-tingkat-tingkat atasnya terdapat dinding.
3. Semua dinding pengisi yang menerima gaya lateral, harus terbuat dari bahan bata yang sama dan mempunyai ketebalan plesteran yang sama. Dinding non-struktural harus terbuat dari bahan yang sama atau yang lebih rendah mutunya dari dinding struktural.
4. Hanya dinding pengisi dengan besar lubang kurang dari 10% luas dinding, boleh dianggap menahan gaya lateral.
5. Letak lubang-lubang yang direncanakan pada dinding , harus sesuai dengan ketentuan berikut :



Luas lubang harus lebih kecil dari 10% dari luas dinding seluruhnya ($h_w \times l_w$)

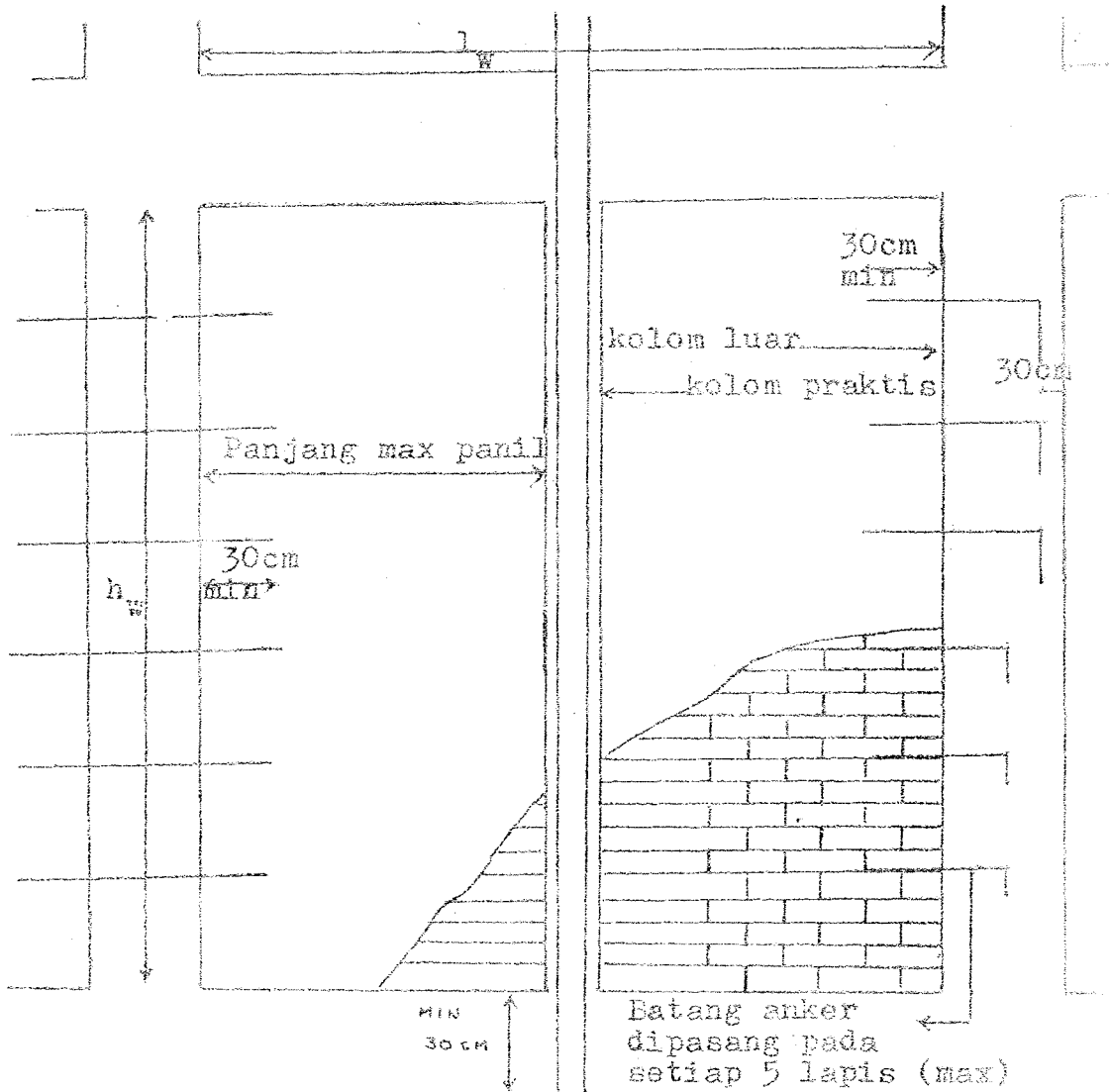
Lubang tidak boleh ditempatkan di daerah yang terlihat bergaris digambar atas.

l_o atau h_o tidak boleh melampaui 0,5 l_w atau 0,5 h_w masing-masing.

Tegangan geser dinding harus dihitung dari :

$$V_w = \frac{V_i}{(l_w - l_o) t_w}$$

6. Dinding bata harus diberi tulangan bila berfungsi sebagai dinding pengisi untuk dapat menahan gaya gempa permukaan, dijelaskan dalam gambar-gambar :

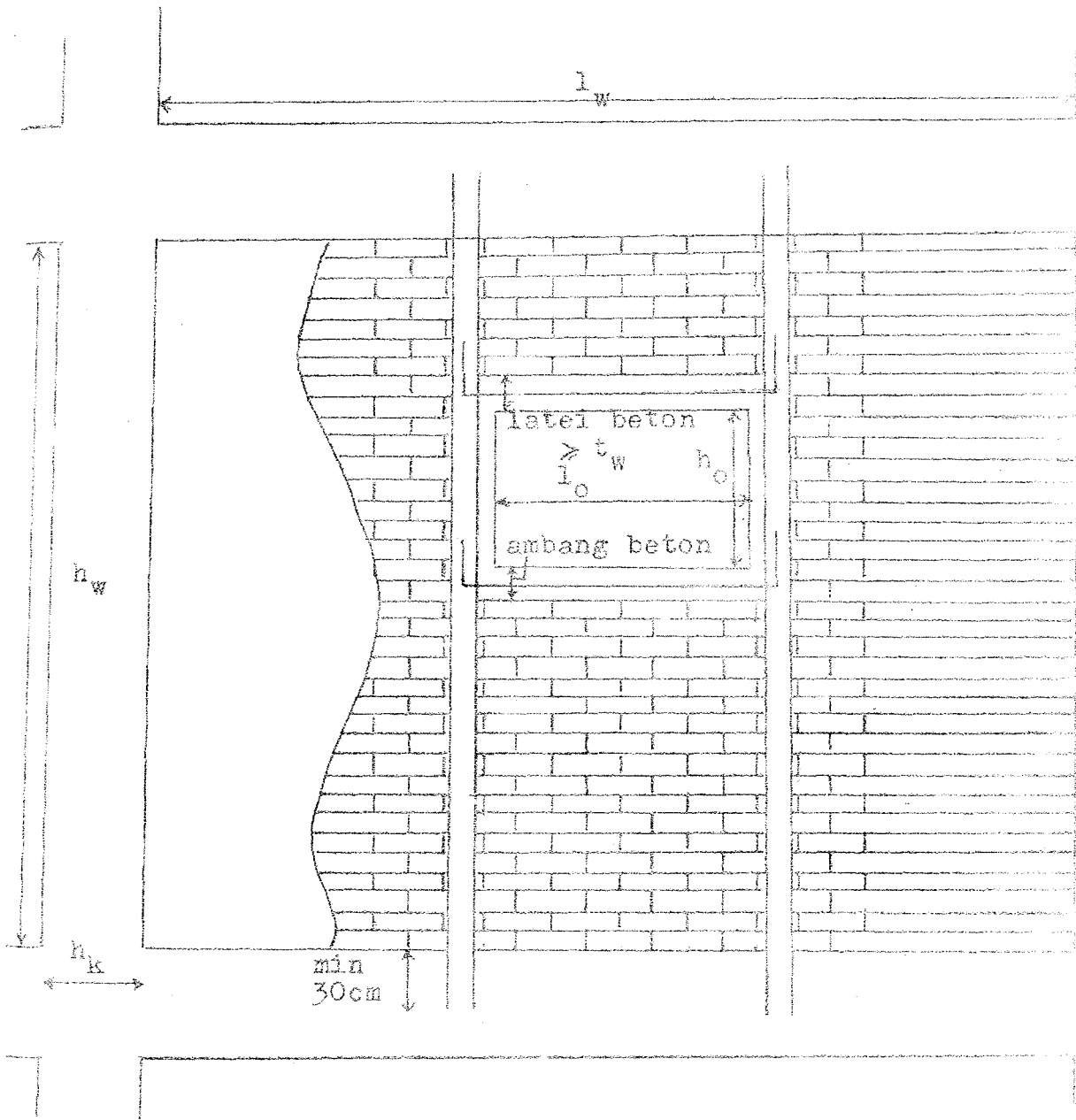


t_w = Tebal dinding

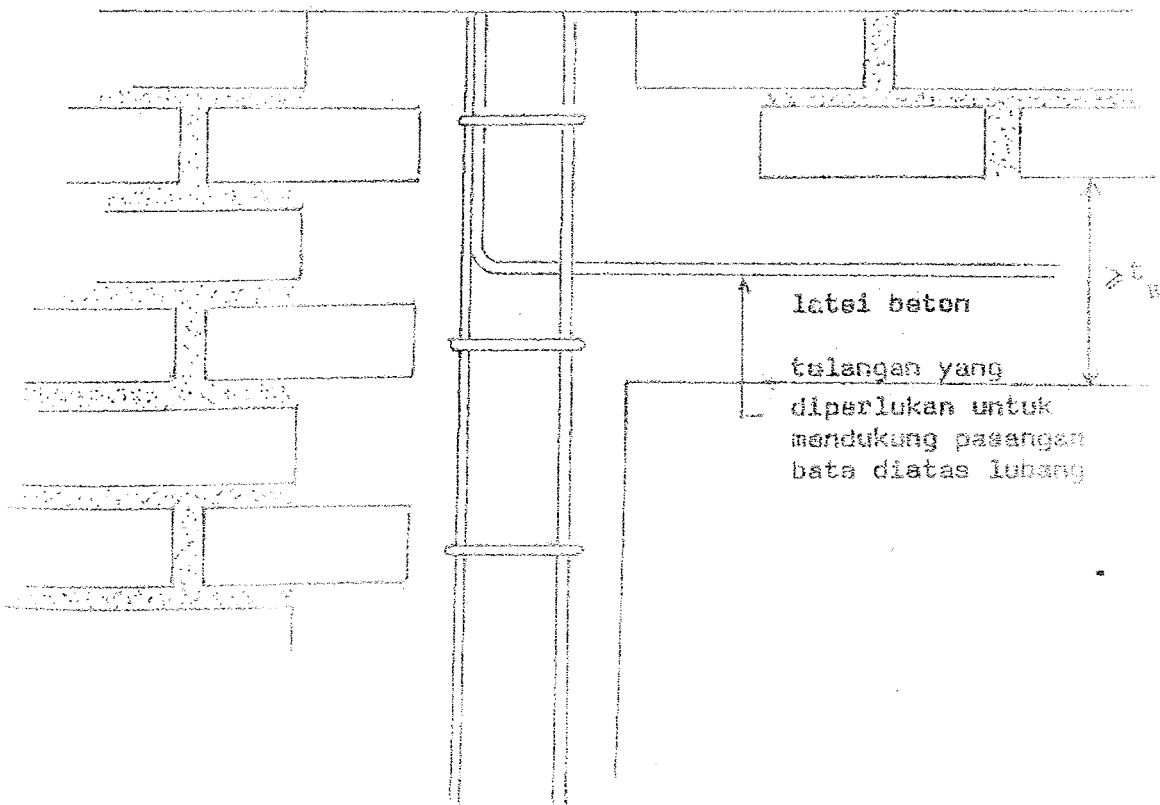
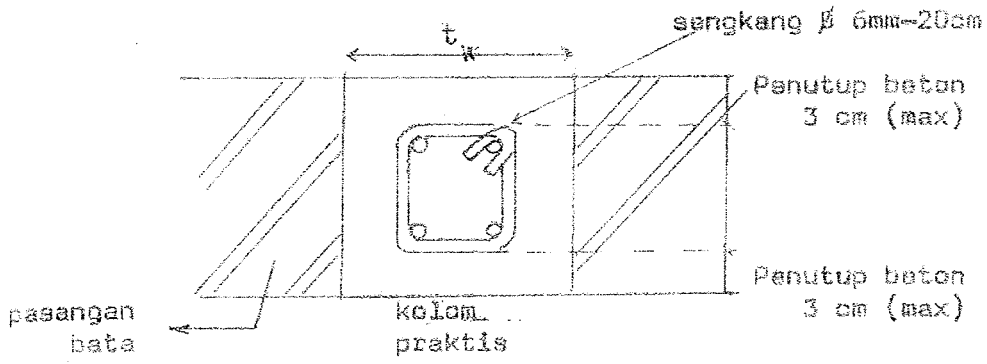
$$\text{Perbandingan dinding} = \frac{h_w}{t_w} < 15$$

h_w 4.00 m untuk zone 1,2

h_w 5.00 m " "3,4,5,6 $\frac{l_w}{t_w} < 20$



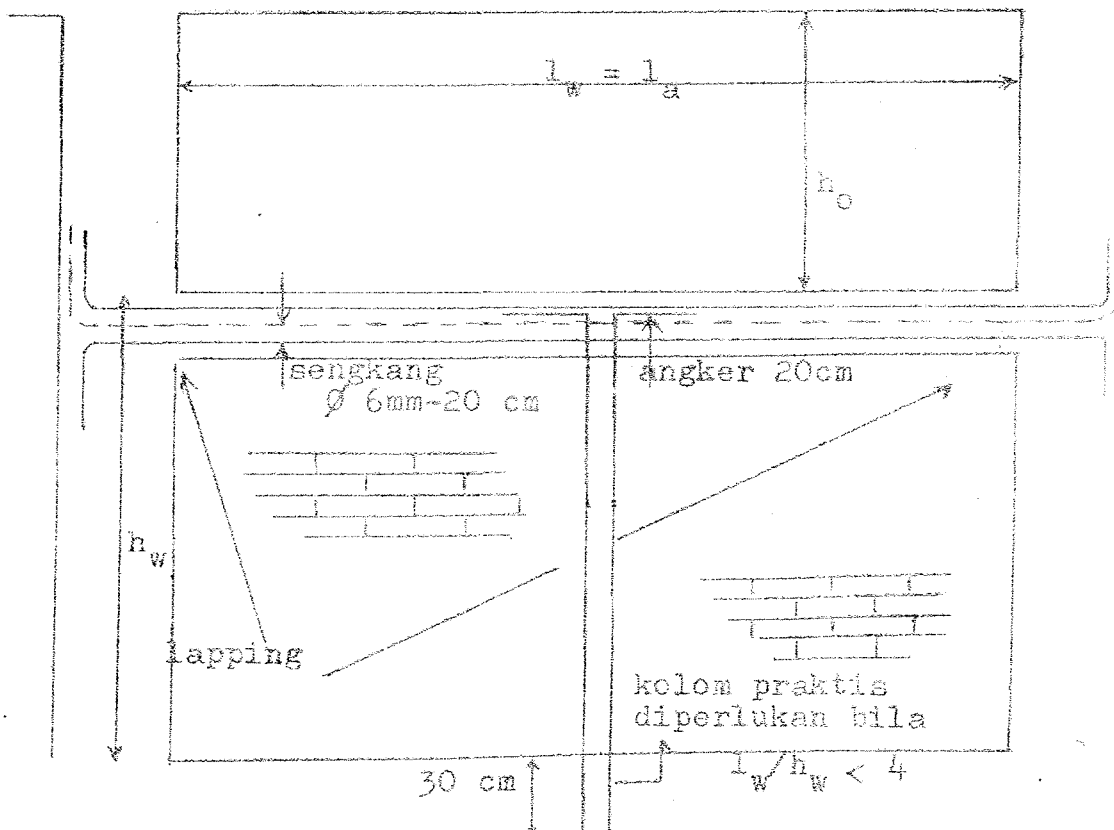
DINDING BATA DENGAN LUBANG



DETAIL SUDUT PADA LUBANG

PEMBESIAN KOLOM PRAKTIS

10 cm < tebal dinding < 20 cm				
zone \ l _w	3.0	4.0	5.0	6.0
1.2	4/10	4/16	4/16	4/16
3	4/10	4/12	4/16	4/16
4.5	4/10	4/10	4/12	4/12
6	4/10	4/10	4/10	4/10
20 cm < tebal dinding < 40 cm				
zone				
1.2	4/10	4/12	4/16	4/16
3	4/10	4/10	4/16	4/16
4.5	4/10	4/10	4/10	4/12
6	4/10	4/10	4/10	4/10

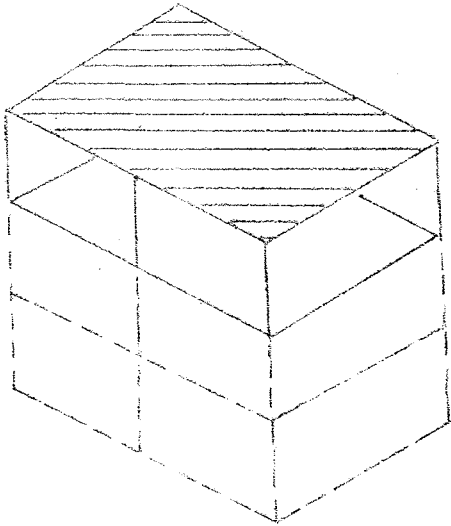


PEMBESIAN BALOK CAPPING :

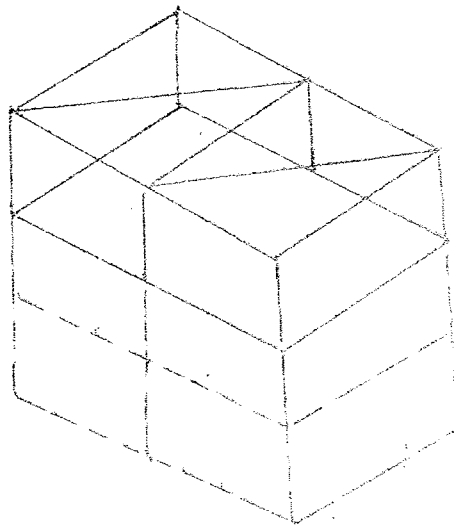
pan- jang din- ding	s/d 2,5 m				s/d 3,5 m				ting gi din- ding
	1&2	3	4&5	6	1&2	3	4&5	6	zone gem- pa
2.0m s/d 3.0m	4/10	4/10	4/10	4/10	4/12	4/10	4/10	4/10	
3.0m s/d 4.0m	4/12	4/10	4/10	4/10	4/16	4/12	4/10	4/10	
4.0m s/d 5.0m	4/16	4/12	4/10	4/10	6/16	4/16	4/10	4/10	
5.0m s/d 6.0m	6/16	4/16	4/10	4/10	6/16	4/16	4/12	4/10	

3.4. Atap

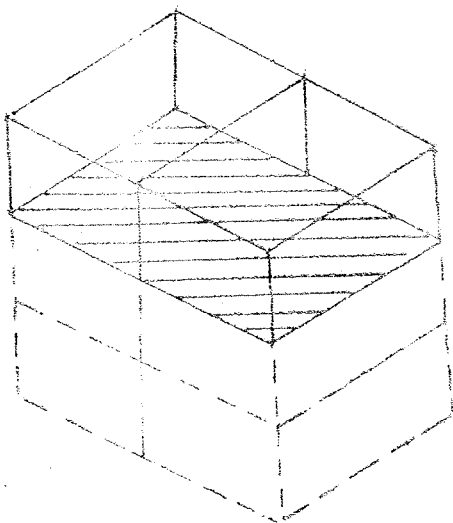
Struktur atap dapat dibuat berdasarkan anggapan :



Atap pelat beton



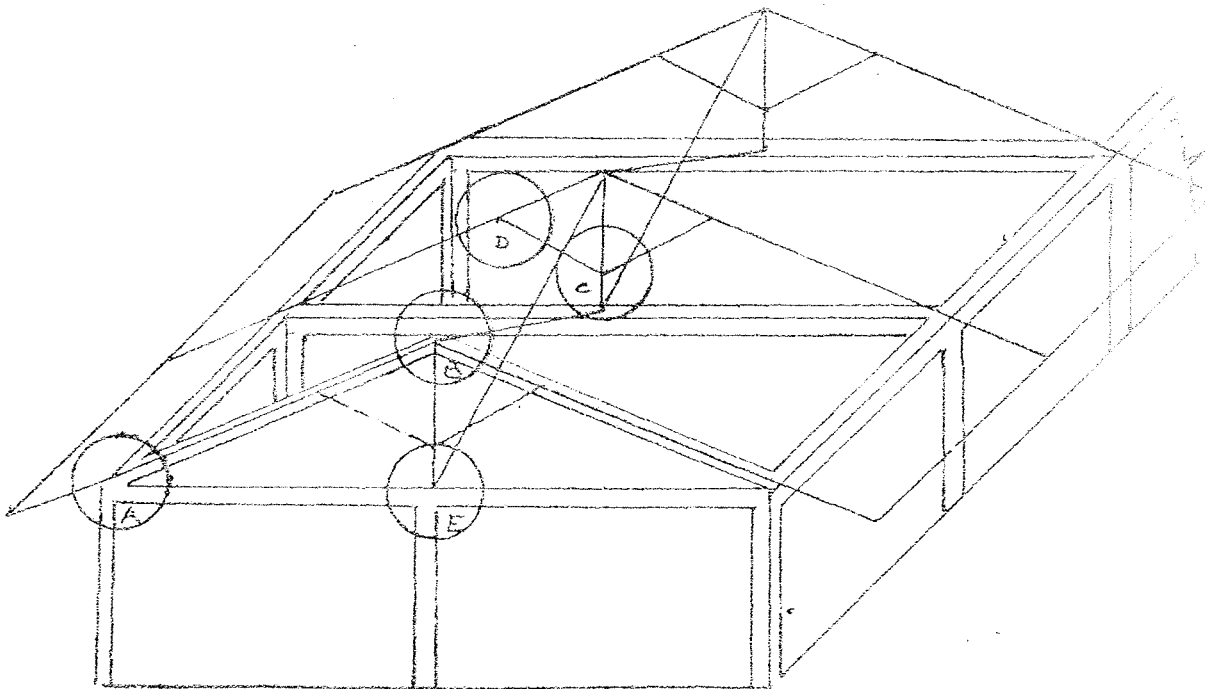
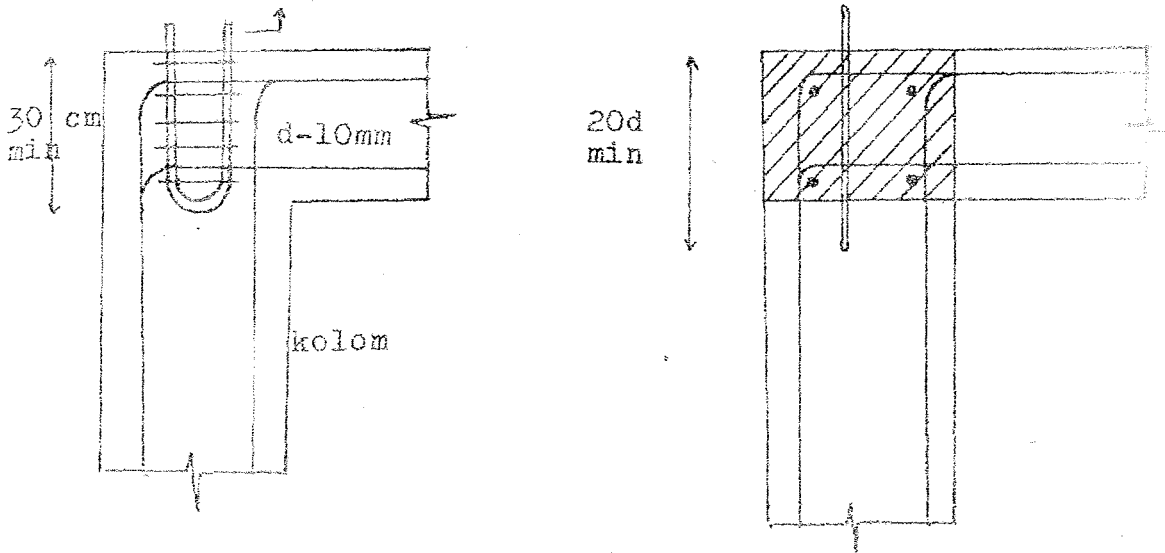
Atap rangka

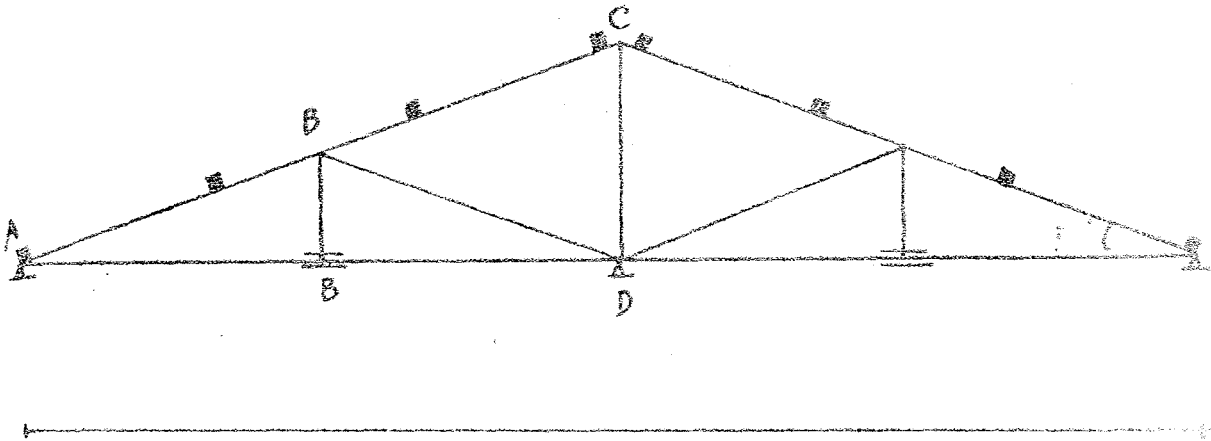


Atap yang dipikul oleh kolom-kolom kantilever

Struktur penahan dari perletakan atap dapat dibuat sebagai berikut :

Holdng down bolt
untuk menghubungkan
atap dengan kolom

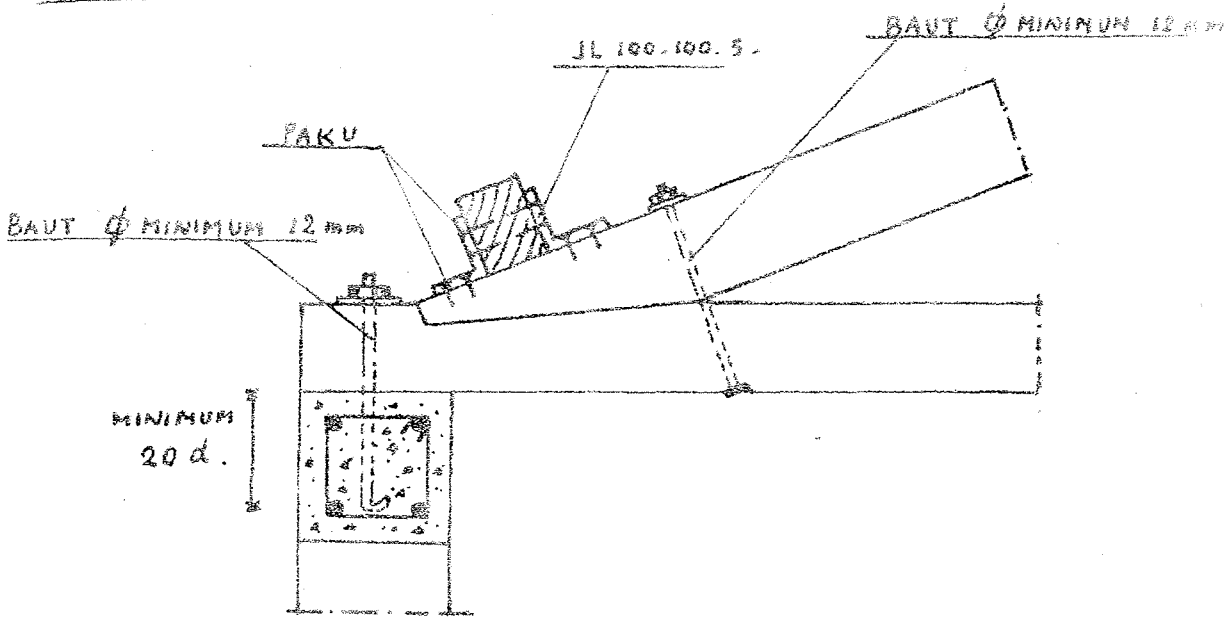




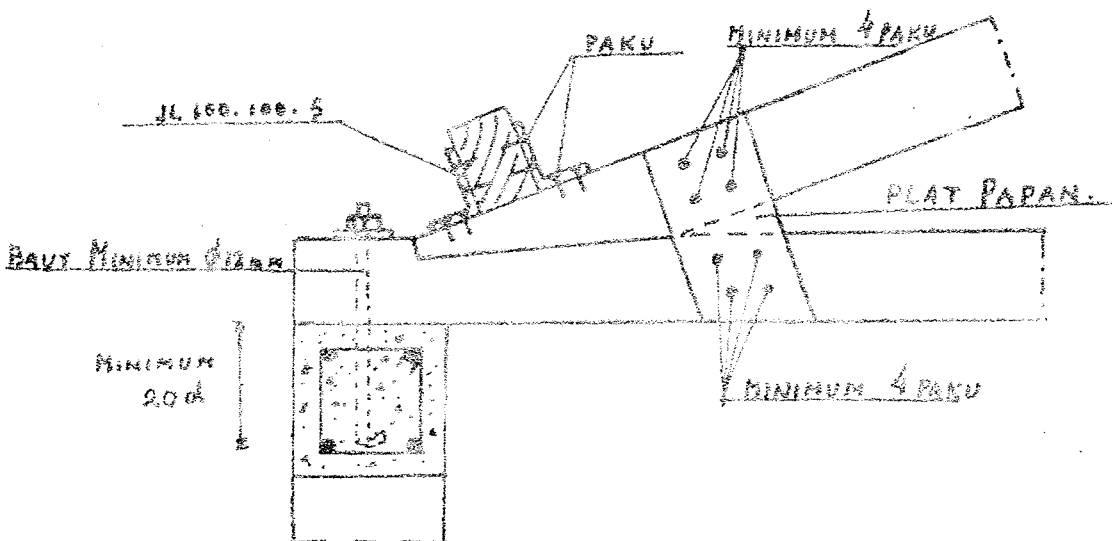
Semua kayu dari kelas II minimum.

DETAIL A

VARIAN 1

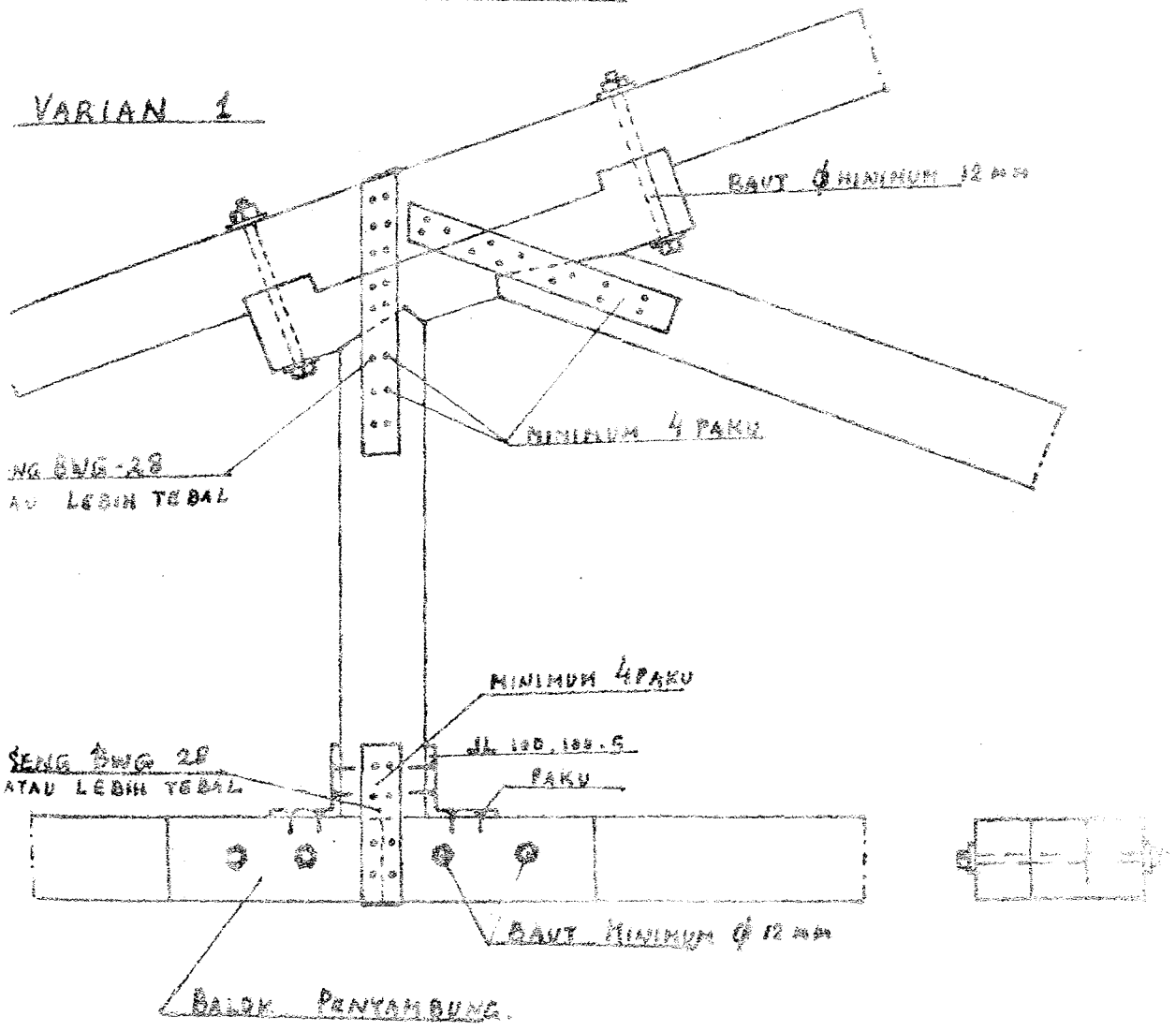


VARIAN 2

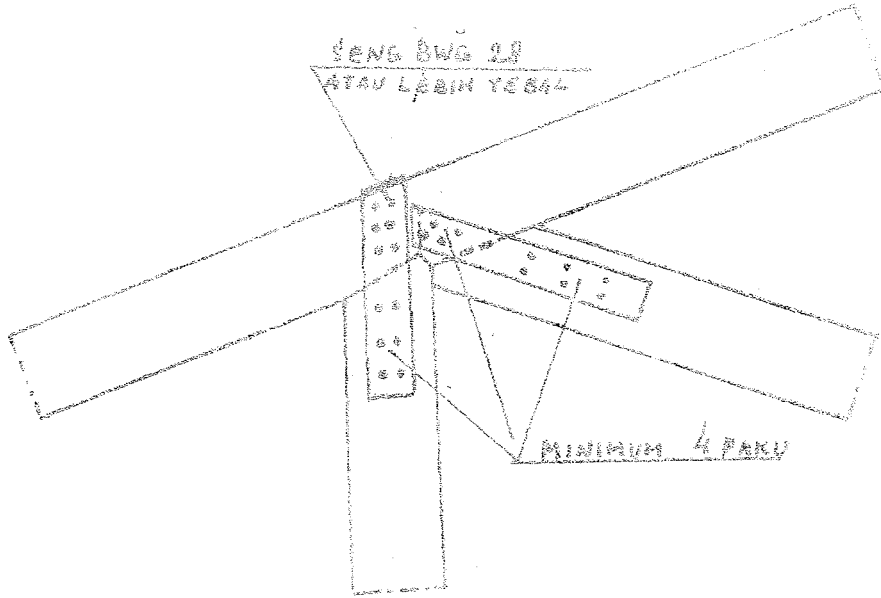


DETAIL B

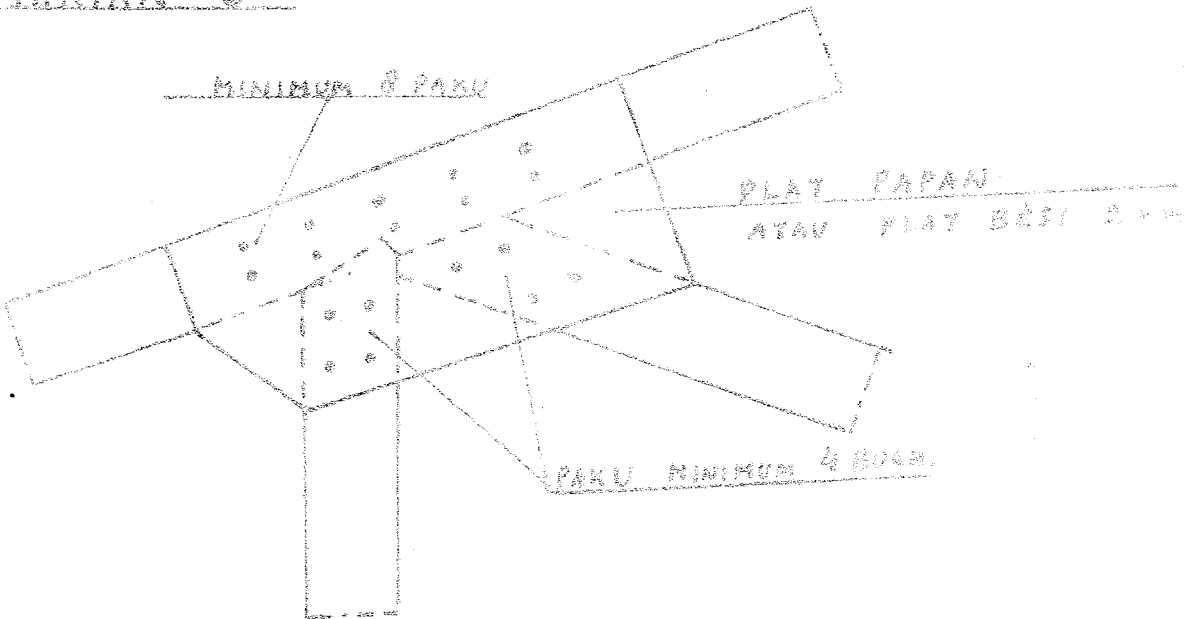
VARIAN 1



VARIAN 2

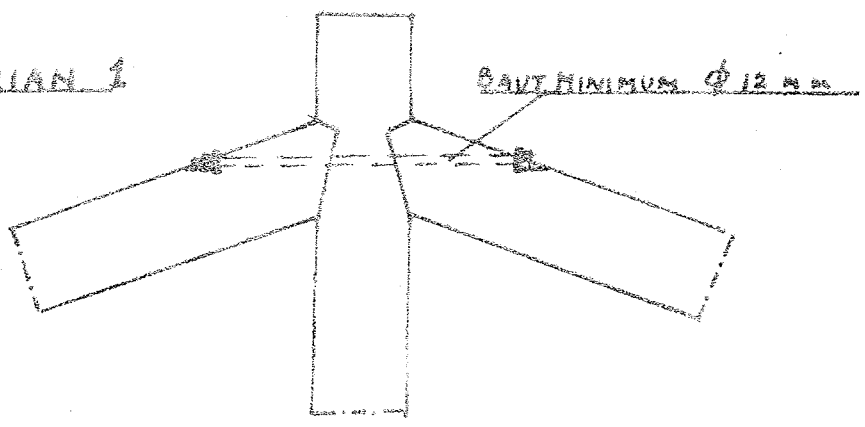


VARIAN 3

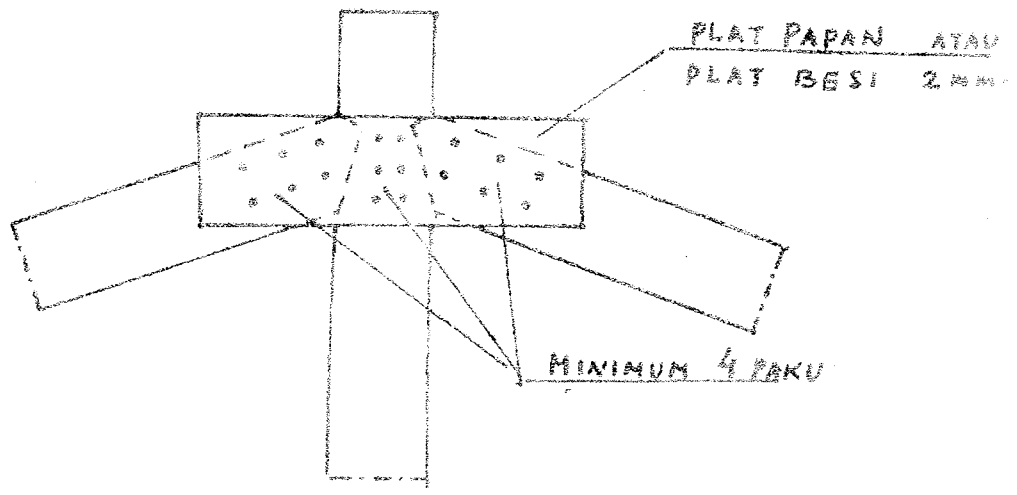


DETAIL C

VARIAN 1

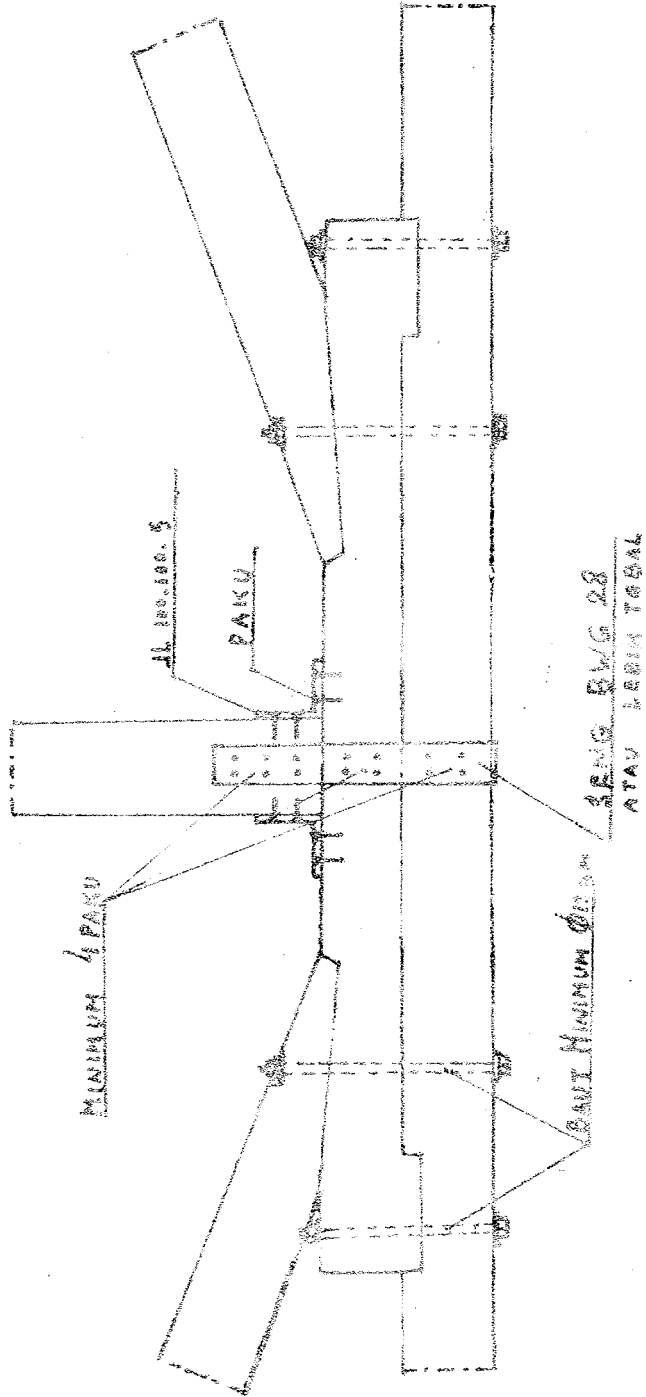


VARIAN 2

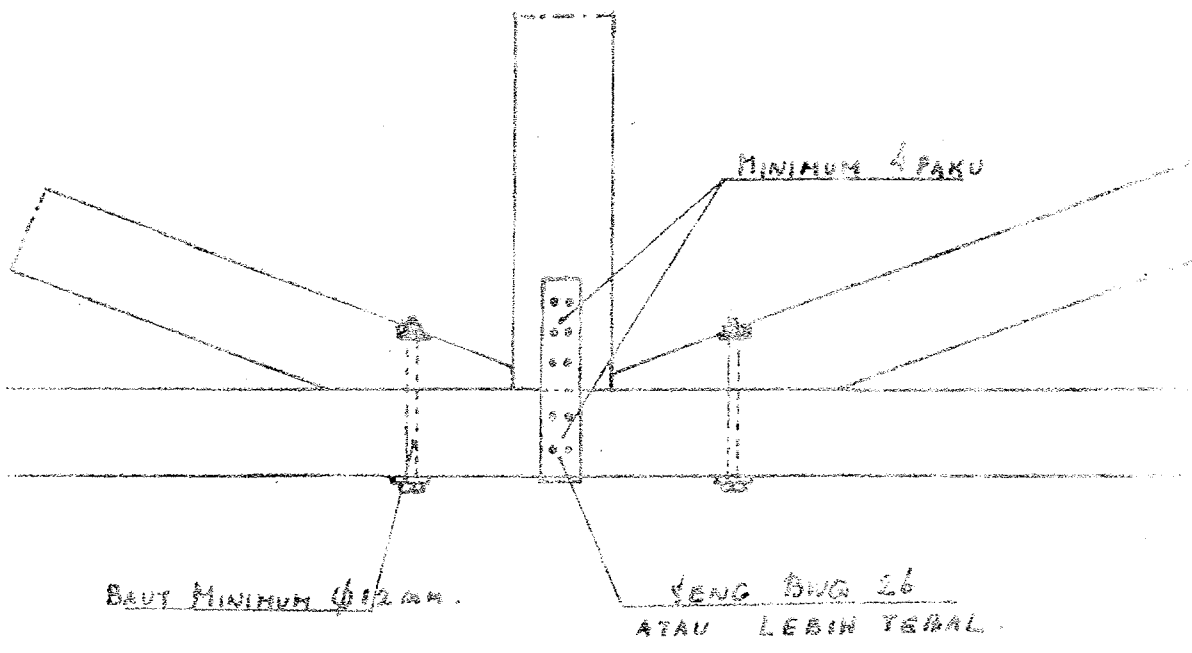


DETAIL D

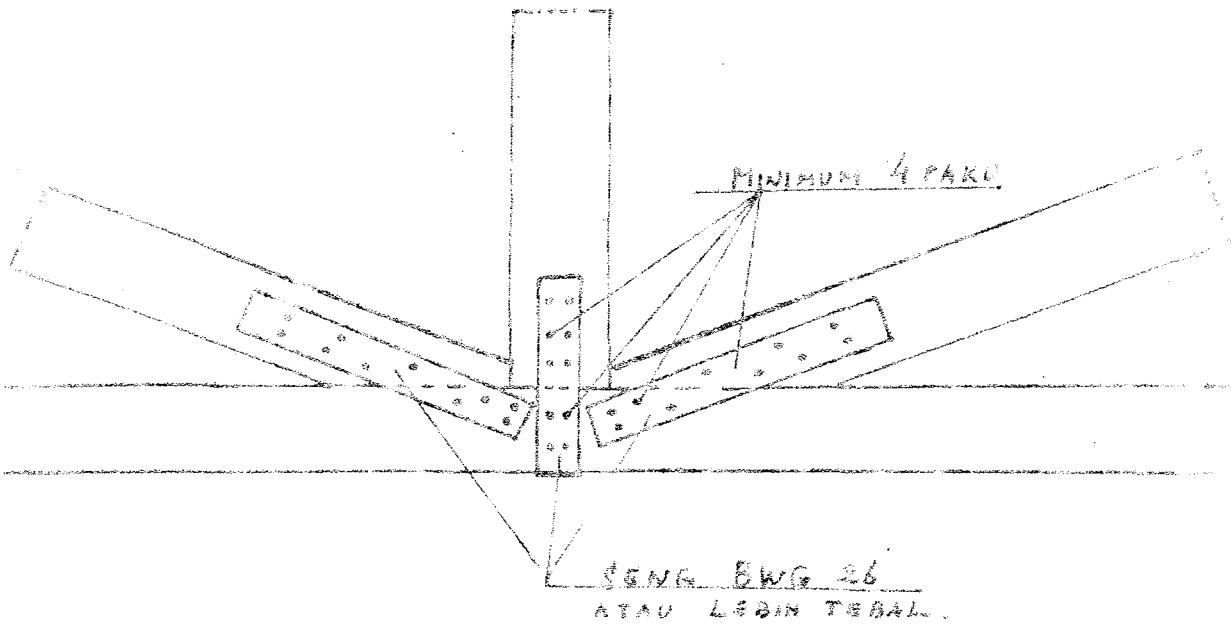
VARIAN 1



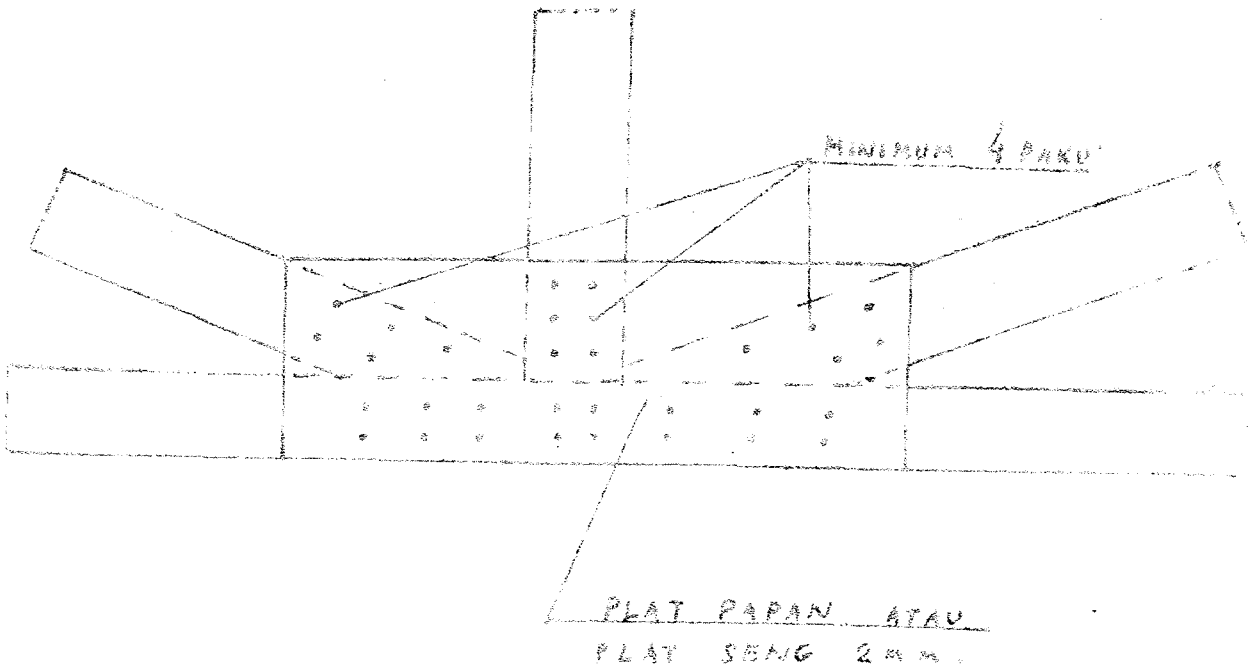
VARIAN 2.



VARIAN 3



VARIAN 4



5.5. Pelat lantai

Diameter tulangan minimum 10 mm.

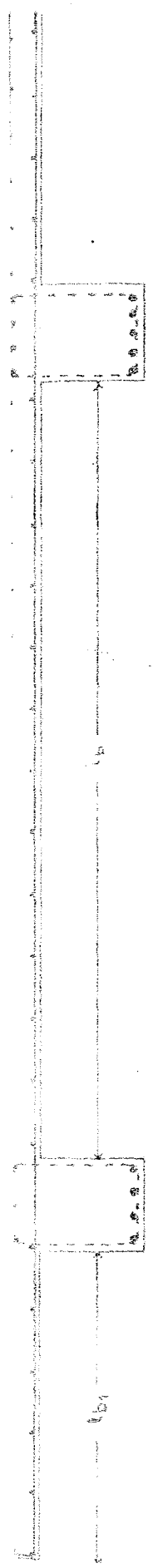
Semua pelat lantai tingkat harus diberi tulangan. Ditiap arah harus dipasang tulangan susut minimum 0,15% untuk baja mutu tinggi (misalnya BRC weldmesh), dan 0,25% untuk baja lunak atau sedang.

Sedangkan pelat yang langsung diatas tanah, harus dipasang satu lapis tulangan atas pada tiap arah untuk mencegah retak atau susut.

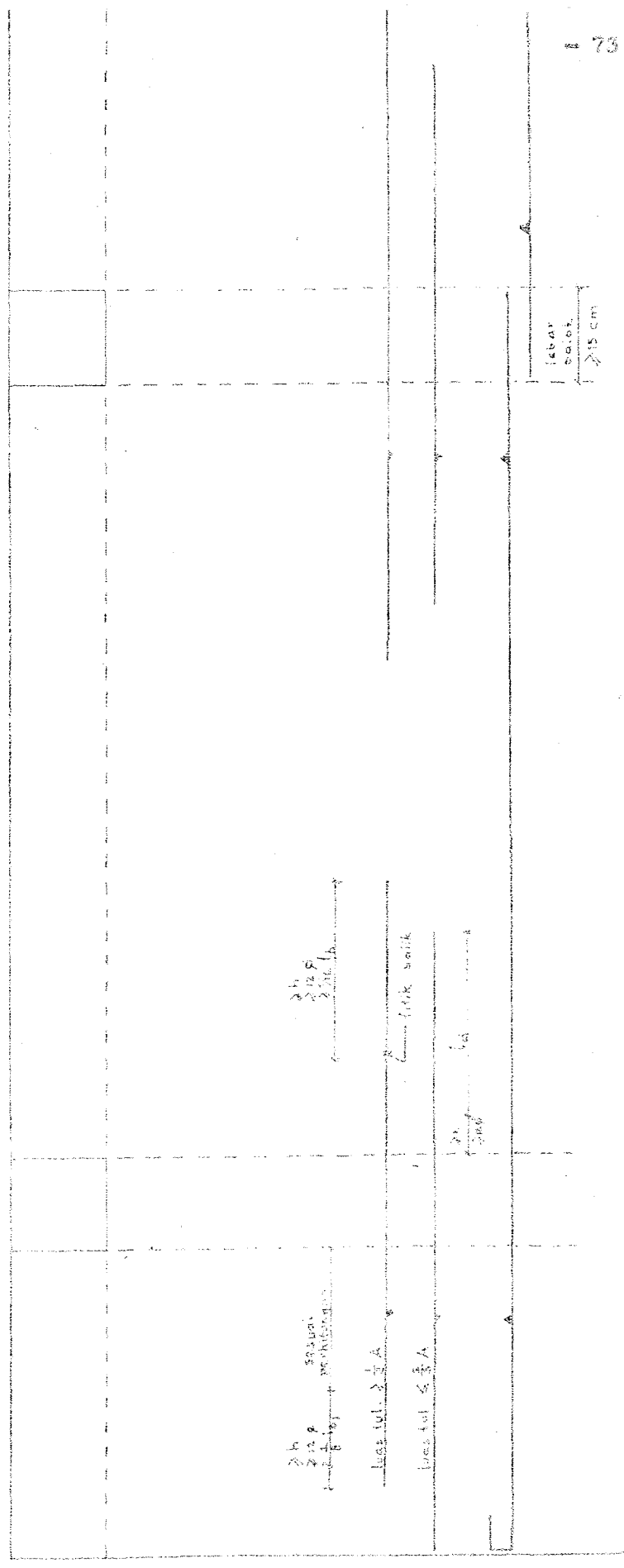
Pemutusan tulangan untuk momen negatip harus diperhatikan, sehingga terdapat panjang penyaluran yang cukup setelah titik balik bidang momennya.

Sekitar lubang pada pelat harus dipasang tulangan tambahan.

Pada pelat luifel harus dipasang tulangan di bagian bawah, supaya dapat menahan getaran gempa vertikal.



l_d : lihat P. 1879 Pasal 8.3.2/a B7
 h : tinggi maksimum pelat
 ϕ : diameter tulangan
 A_s : jumlah luas tulangan momen negatif
 l_e : bentang bersih



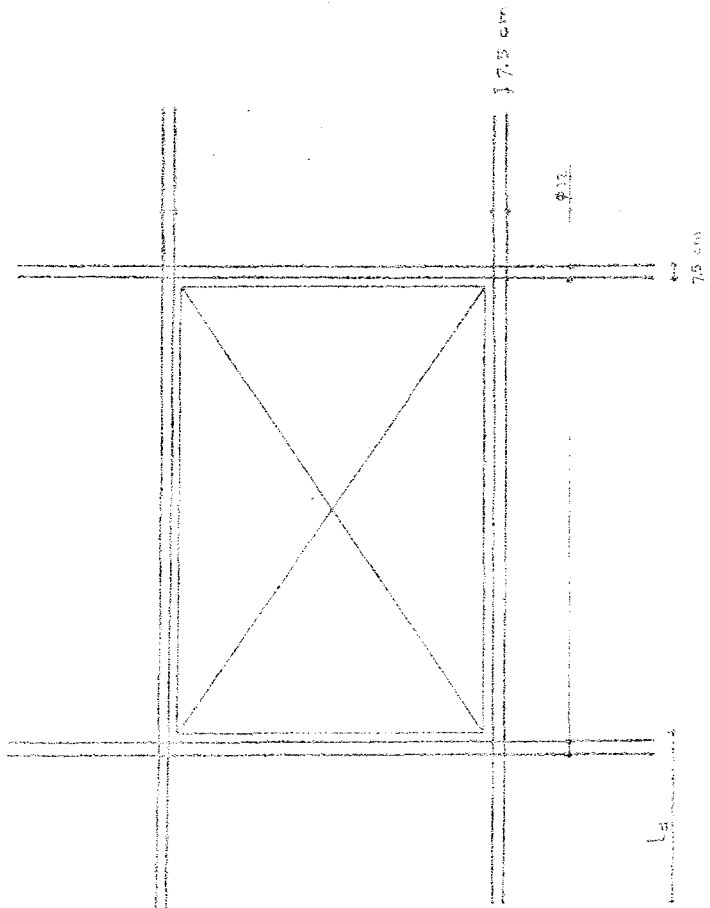
h
 h
 h
 luas tul. $\phi 12$ A
 luas tul. $\phi 10$ A
 luas tul. $\phi 12$ B
 luas tul. $\phi 10$ B
 luas tul. $\phi 12$ B
 luas tul. $\phi 10$ B
 luas tul. $\phi 12$ B
 luas tul. $\phi 10$ B

lebar
 balok
 $\phi 15$ cm

PENULANGAN PELAT

PENULANGAN LUBANG PADA PELAT

Letak Lubang Persegi Panjang



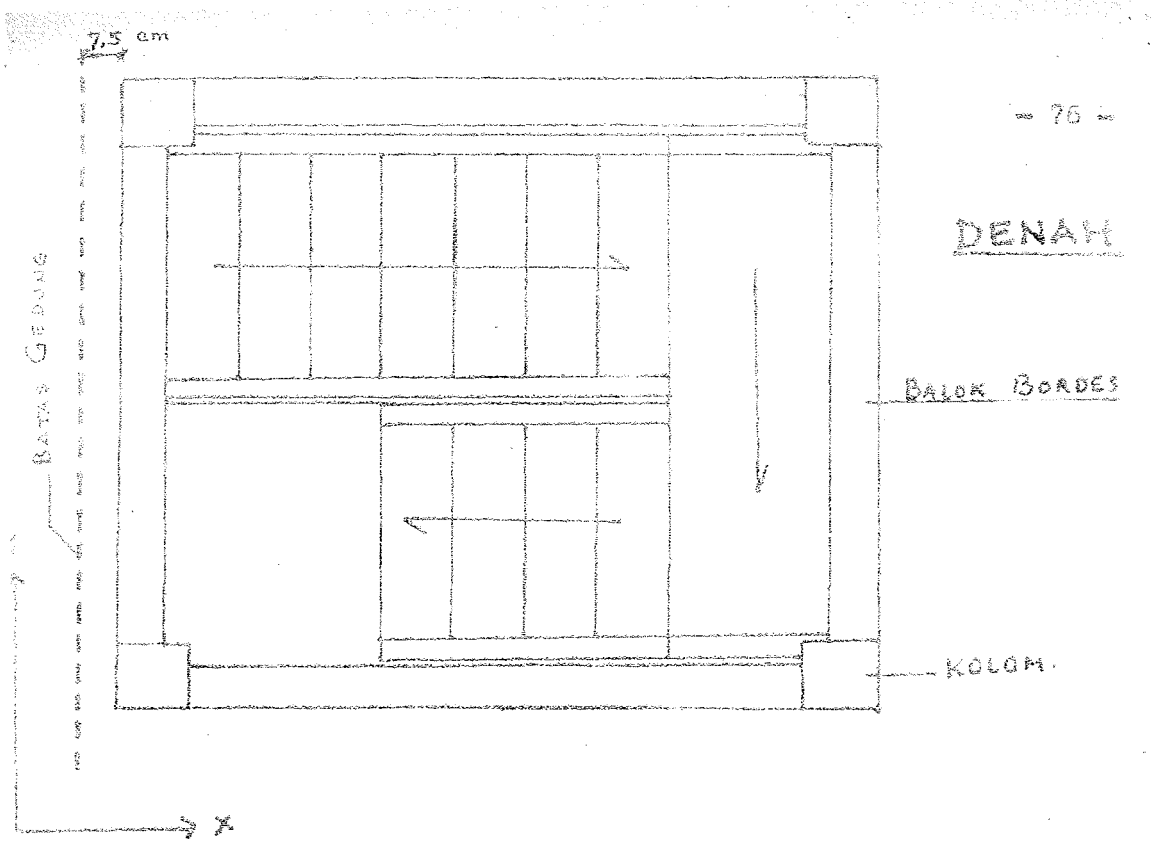
5.6. T a n g g a

Letak tangga dapat didalam atau diluar bangunan. Untuk tangga yang didalam bangunan harus diperhatikan syarat - syarat yang terdapat dalam bab 2.2.6.

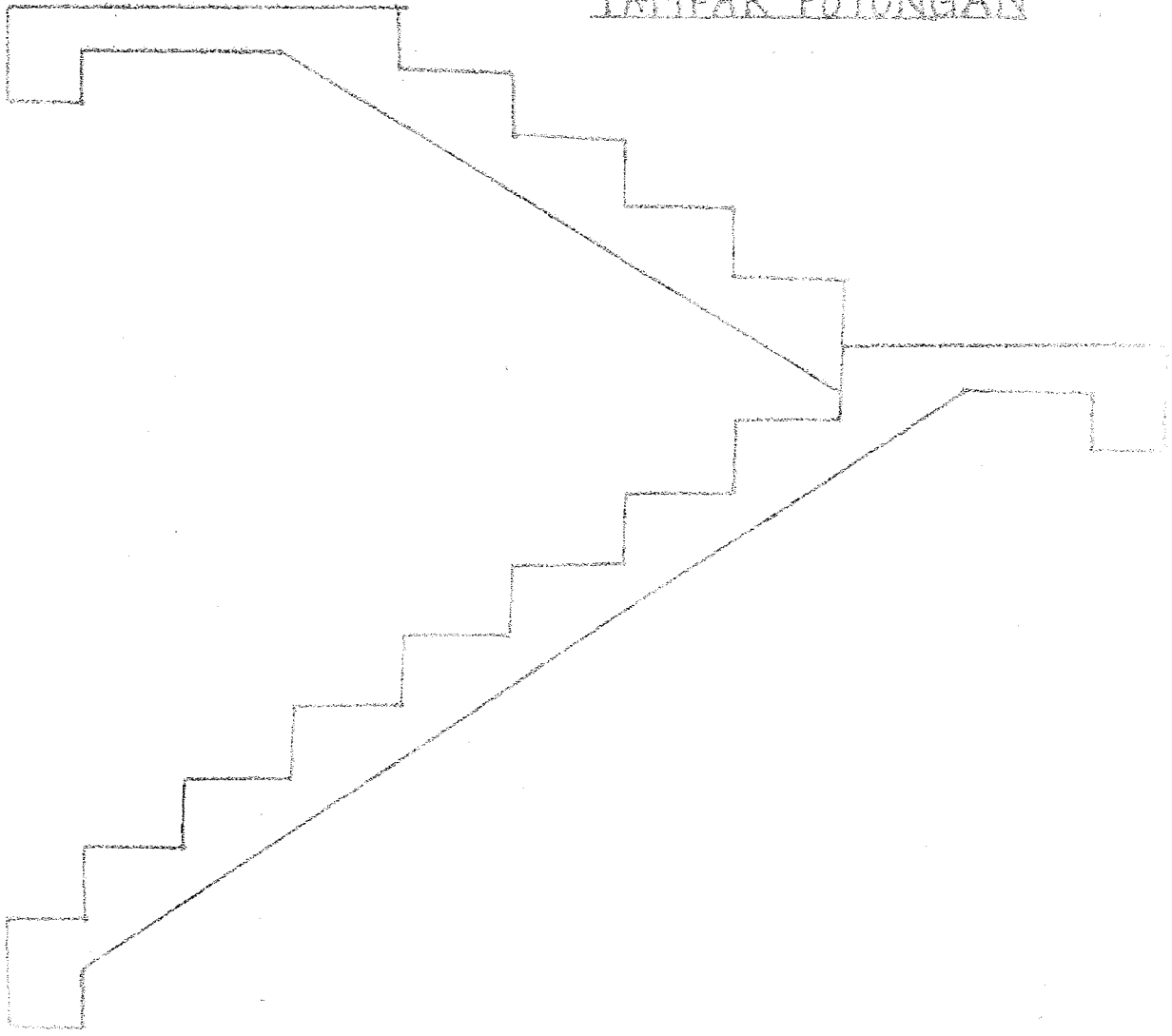
Disini diberikan contoh tangga yang terletak diluar bangunan utama.

Catatan :

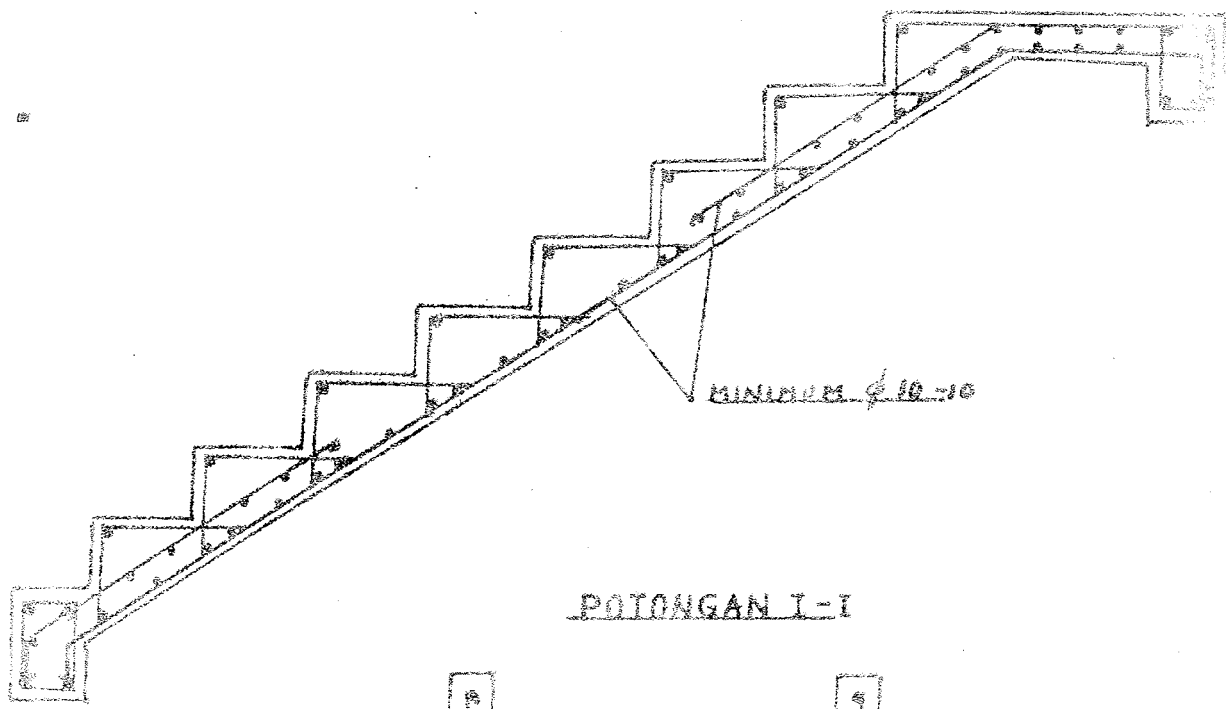
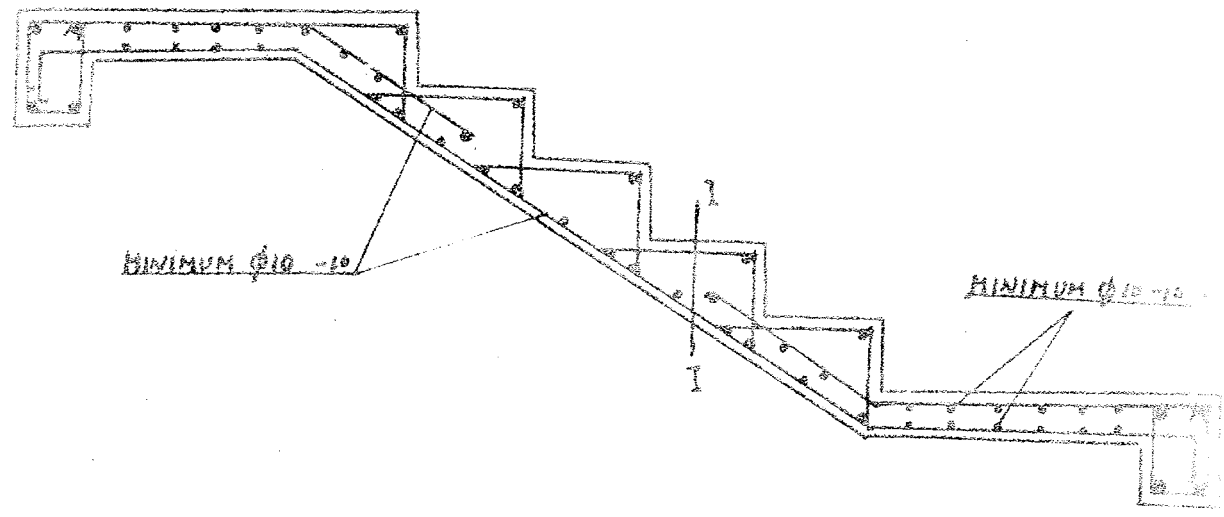
Menara tangga dalam contoh yang diberikan, direncanakan menahan gaya gempa dengan kekuatan tangga sendiri.



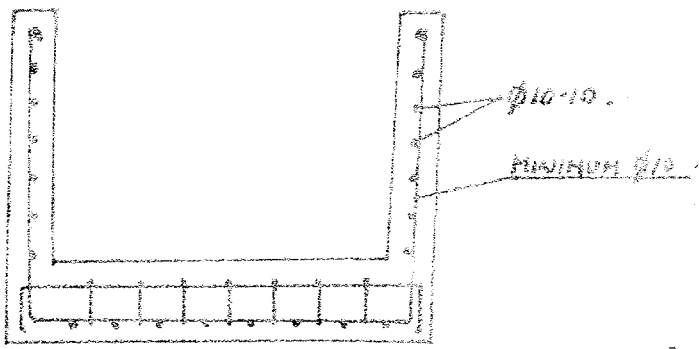
TAMPAK POTONGAN



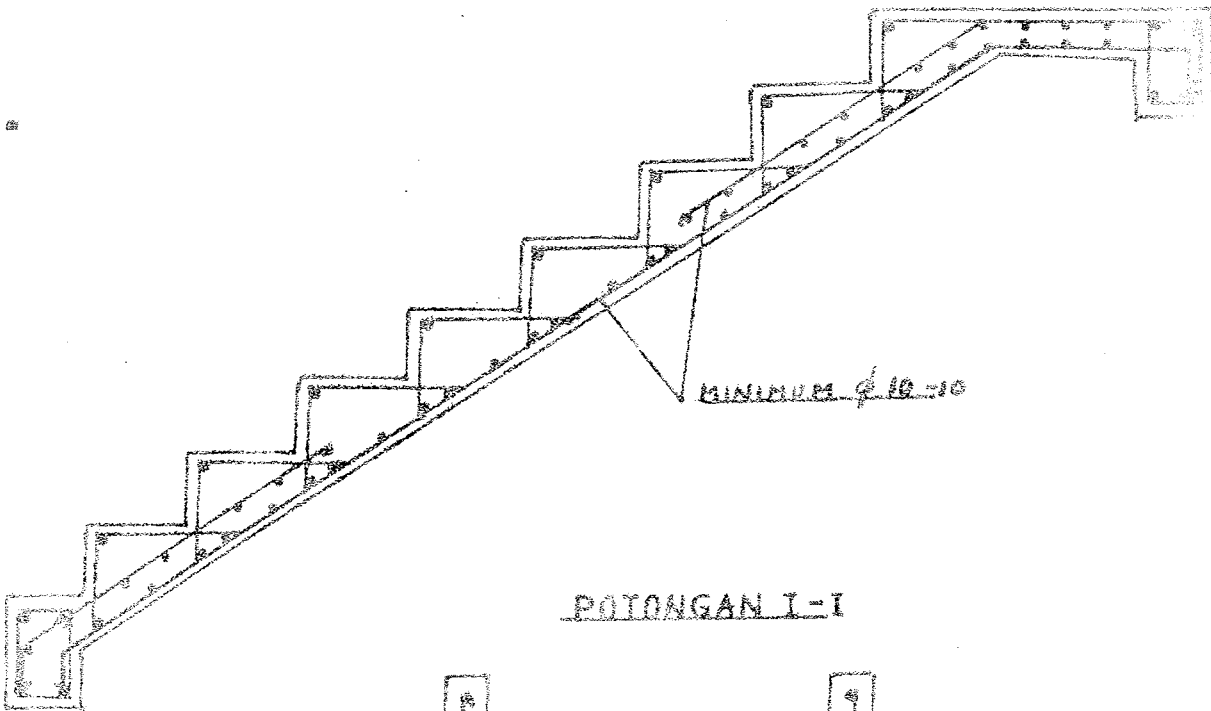
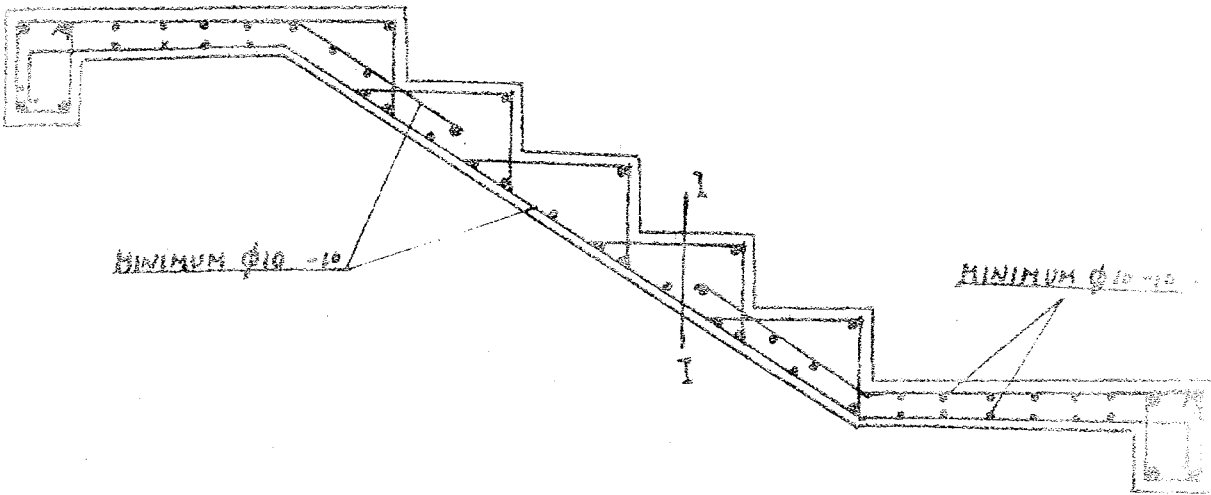
PENULANGAN TANGGA



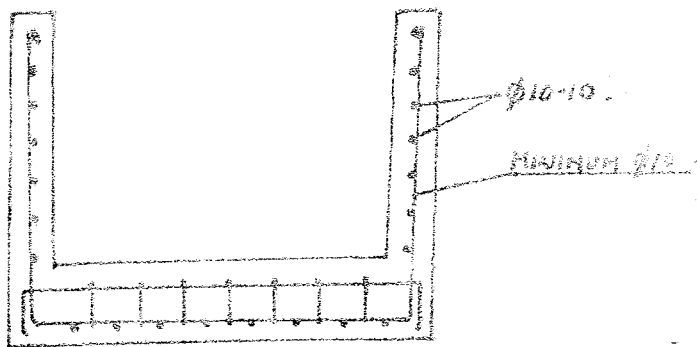
POTONGAN I-I



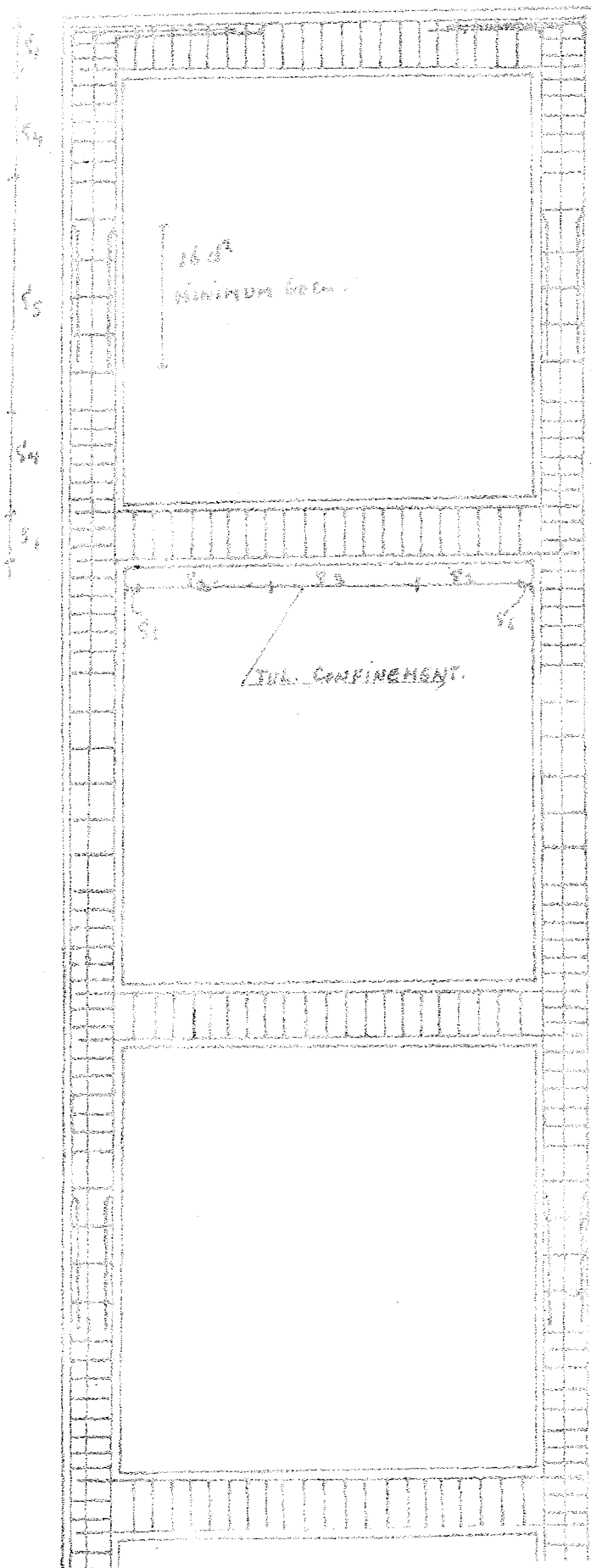
PENULANGAN TANGGA



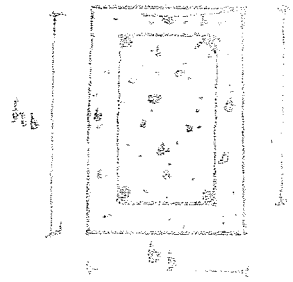
POTONGAN I-I



BAGIAN KIRI



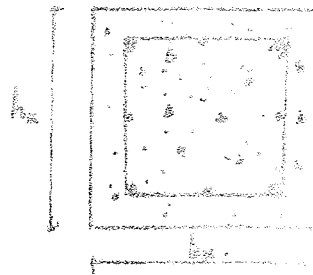
Balok



$$As_1 = As_2$$

= Tulangan confinement

Kolom

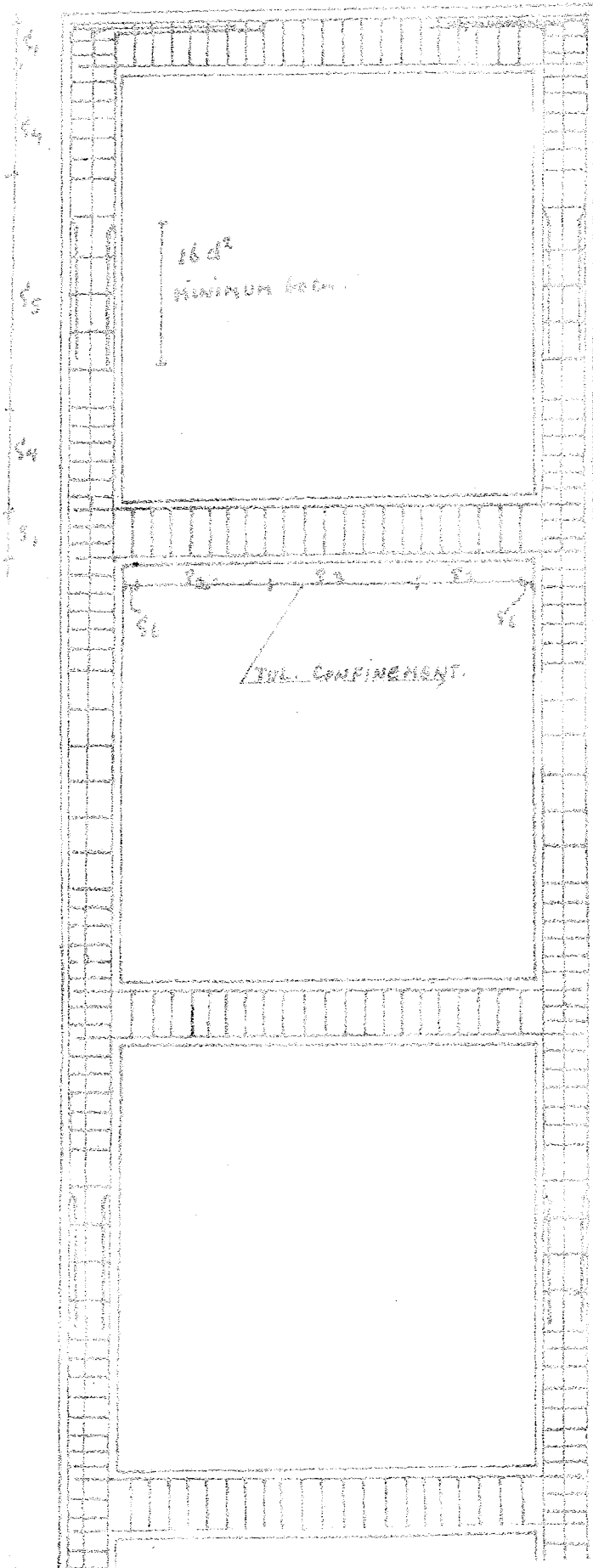


$$s_1 = \frac{4h_c}{4} \left\{ \begin{array}{l} \text{maksud} \\ \text{maksud} \end{array} \right.$$

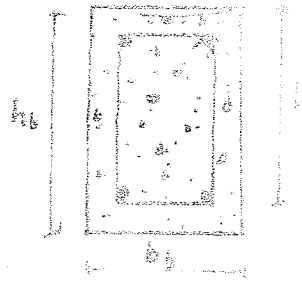
$$s_2 + s_3 = 4h$$

$$s_3 = \text{maksud } 2,5h$$

BAGIAN KIRI



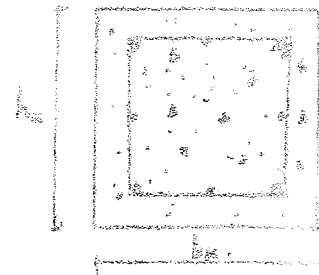
Balok



$$A_{s1} = A_{s2}$$

= Tulangan
confinement

Kolom

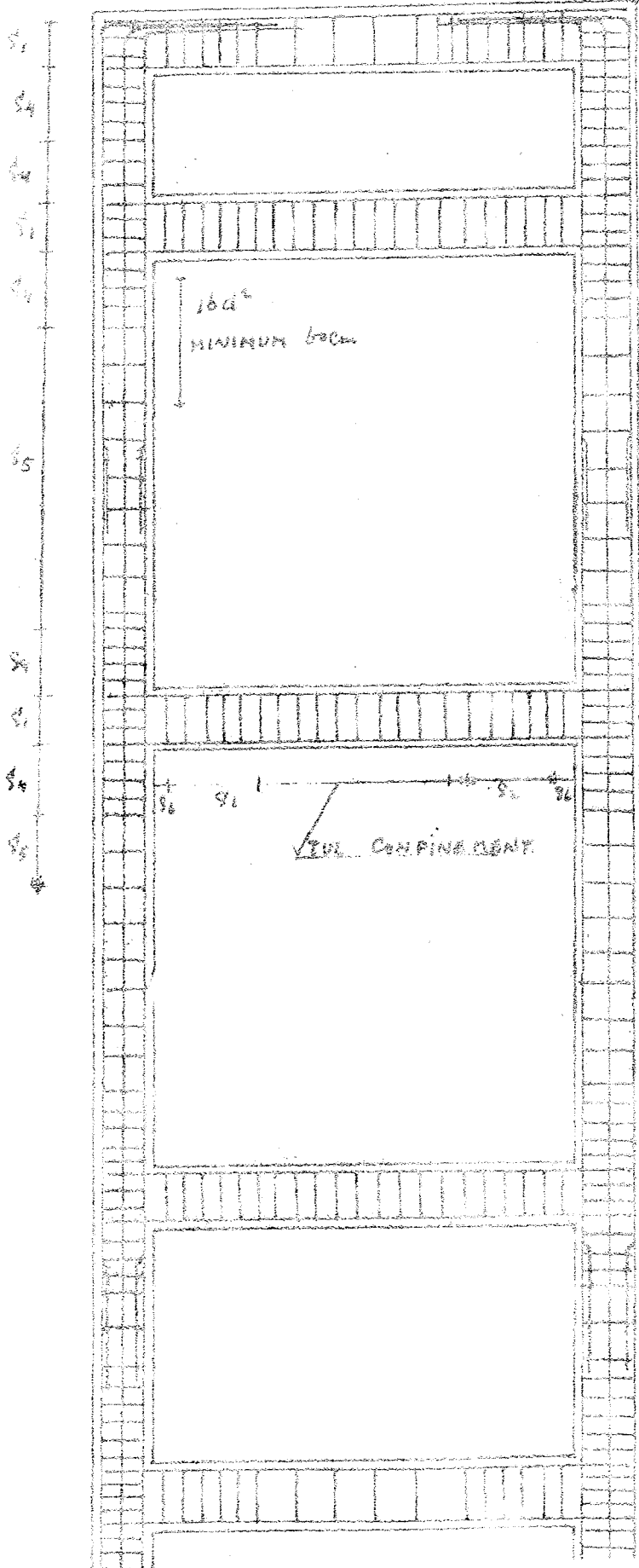


$$d_u = \left. \begin{array}{l} 4h \\ 4b \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{untuk} \\ \text{untuk} \\ \text{untuk} \end{array}$$

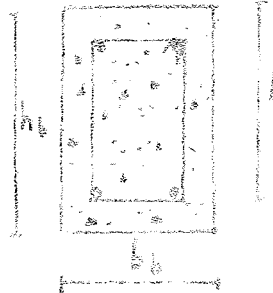
$$s_2 + s_1 = 4h$$

$$s_1 = \text{Maximum } 7,5 \dots$$

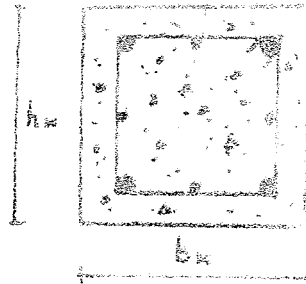
BAGIAN KANAN



Block



Kolom



$$s_2 = \begin{cases} 4h_k \\ 4b_k \end{cases} \text{ ambil yang terbesar}$$

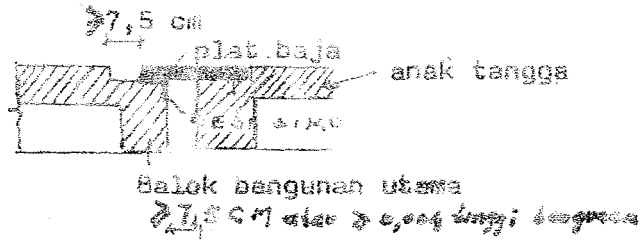
$$s_2 + s_1 = 4h_k$$

$$s_1 = \text{Maximum } 7,5 \text{ cm}$$

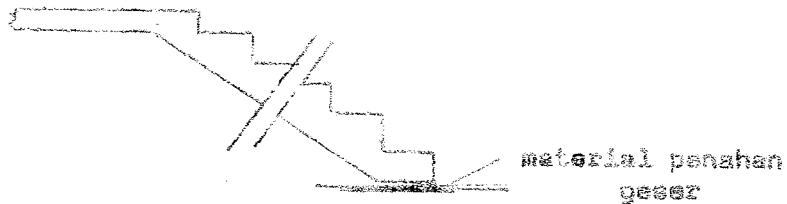
5.7. Pemisahan elemen non-struktur

5.7.1. Tangga beton bertulang :

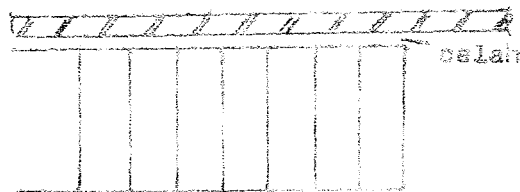
a. Sebaiknya bangunan tangga terpisah dari bangunan utama.



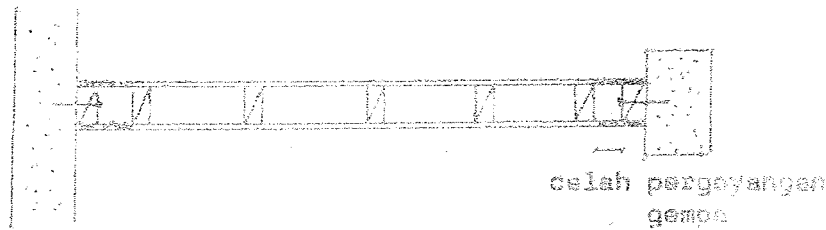
b. Di antara lantai-lantainya, tangga harus hanya terjepit pada satu ujungnya dan dapat bebas bergeser pada ujung lainnya.



c. Tangga harus dipisahkan dari dinding di sebelahnya.



5.7.2. Sambungan panel pengisi dengan struktur, terutama pada partisi ringan, harus dibuat sedemikian rupa sehingga kerusakan dari panel pengisi kecil dan terdapat pada daerah tertentu.

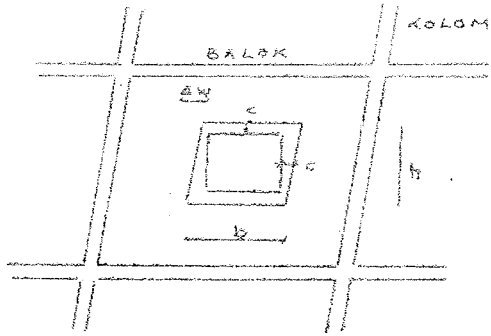


5.7.3. Dinding dari bangunan yang diperkirakan akan menahan gaya gempa yang tinggi, sebaiknya tidak dipasang batu muka. Terutama daerah tangga harus dibebaskan dari material yang dapat terlepas, yang dapat membahayakan manusia karena beratnya atau tajamnya.

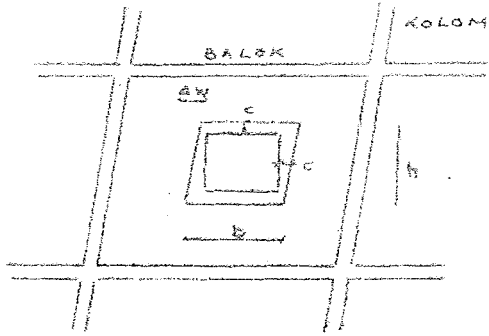
Bila tetap akan dipasang batu muka atau yang sejenis, maka dinding ini dipisahkan dari struktur dan dilindungi terhadap kemungkinan terlepasnya batu muka atau yang sejenis akibat pergeseran.



5.7.4. Rangka jendela kaca harus dipisahkan dari pergerakan rangka struktur, kecuali bila dapat ditunjukkan bahwa tidak akan terjadi pecahan kaca. Bila pergayangan tidak besar, maka kaca dapat ditempatkan dengan despal yang lunak dengan jarak kosong minimal 0.



$$c > \frac{\Delta w}{2[1 + (h/b)]}$$



$$c > \frac{\Delta w}{2[1 + (b/c)]}$$

DAFTAR PUSTAKA

1. Dowrick, D.J. "Earthquake Resistant Design" A Manual for Engineers and Architects, John Wiley & Sons, U.K., 1978
2. Teddy Boen, Ir., "Manual Bangunan Tahan Gempa (Rumah Tinggal)", Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1978.
3. "Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971".
4. "Intermediate Draft Indonesian Earthquake Study", Vol 5 & 6, Beca Carter Hollings & Ferner Ltd, New Zealand, June 1979.
5. "Peraturan Muatan Indonesia 1970".
6. Newmark, N.W., and E. Rosenblueth, "Fundamentals of Earthquake Engineering", Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs , N.J., 1971.
7. Terzaghi, K., and R.B. Peck, "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley & Sons, Inc., Tokyo, 1960.
8. Johnsons, S.M., and Th. C. Kavanagh, "The Design of Foundation for Buildings", McGraw-Hill Book Company, New York , 1968.
9. Hutchison, D.L., "Proceeding of The Course in Earthquake Engineering 1979", Vol. I, II, III, Direktorat of Building Research. Bdg. Ind.

I. TANAH DAN PONDASI

Pendahuluan

Pondasi merupakan bagian dari struktur dan pada penentuan type pondasi tentunya tak dapat lepas dari keadaan tanah dan zone dimana struktur itu dibangun.

Secara singkat akan diuraikan tentang :

- Kondisi tanah dan kerusakan bangunan.
- Faktor-faktor yang mempengaruhi liquefaction potential.
- Data tanah.
- Type pondasi dan daya dukung tanah.
- Penulangan pondasi.
- Contoh.

Dalam hal ini analisa dinamik tidak ditinjau.

Kondisi tanah dan kerusakan bangunan

Ketahanan bangunan terhadap gaya gempa dapat dipelajari dari kejadian-kejadian gempa bumi yang telah terjadi.

Berdasarkan beberapa catatan pengalaman gempa bumi dari Jepang, beberapa faktor yang mempengaruhi runtuhnya bangunan adalah sebagai berikut:

- a. Terjadinya resonansi antara bangunan dan tanah pada waktu terjadi gempa, dimana periode bangunan dan tanah sama besar. Akibatnya bangunan beton bertulang lebih banyak rusak di daerah tanah keras bila dibandingkan dengan yang berada didaerah tanah lunak.

- b. Keadaan tanah yang tidak homogen atau type pondasi yang berbeda pada satu bangunan, dapat menyebabkan terjadinya penurunan yang tidak sama (differensial settlement), sehingga ada tegangan sebelum terjadi gempa.
- c. Terjadinya liquefaction yaitu hilangnya daya dukung tanah pasir yang jenuh air akibat naiknya tekanan air pori (pore-water pressure) selama terjadi gempa bumi, bila keadaan drainase di daerah itu tidak baik.
- d. Kurang baiknya hubungan antara kolom dan balok pondasi.
- e. Pelaksanaan pengecoran yang kurang baik.
- f. Riset study Kishida menunjukkan bahwa pondasi tiang lebih kuat mendukung bangunan dari pada pondasi dangkal. Pondasi dangkal adalah cukup kuat menahan settlement bila kondisi tanah di bawah pondasi adalah sebagai berikut:

DEPTH RANGE <M>	N VALUE <SPT>
0 - 4,5	> 20
4,5 - 7,5	14 < N < 28
7,5 - 15	N = 28

- g. Bila terjadi gempa yang lebih besar dari 5,5 skala Richter, maka akan terjadi kerusakan. Makin jauh dari episentrum, makin sedikit kerusakan juga makin tebal alluvium, makin berkurang kerusakan bangunan be-

ton bertulang.

- h. Makin tinggi bangunan, kerusakan yang terjadi makin banyak atau damage rate makin tinggi.

Damage rate = perbandingan antara jumlah collapse, collapse sebagian dan collapse sedikit dengan jumlah bangunan seluruhnya di daerah itu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi liquefaction potensial

- a. Makin tinggi letak permukaan air tanah makin tinggi derajat kejenuhan tanah pasir yang tak berkohesi itu.
- b. Dari pengalaman didapat bahwa semua tanah tak berkohesi yang liquefied itu memiliki relative density $D_r < 75\%$, terutama untuk harga D_r antara 45 - 50 %.
- c. Bila N value dari S.P.T. lebih kecil dari 25, maka liquefaction mudah terjadi.
- d. Ditinjau dari distribusi ukuran butir-butir, maka biasanya pasir yang mudah liquefaction itu mempunyai harga $D_{10} = 0,01 - 0,25$ mm dan uniformity coefficient = 2 - 10. Di Jepang, harga ini tergantung dari macam-macam standar, antara lain: Japan architecture Society: $D_{50} = 0,075 - 2,0$ mm, Uniformity coefficient < 10 , terutama untuk harga $D_{50} = 0,15 - 1,0$ mm dan uniformity coefficient = 5.
- e. Kedalaman dimana sering terjadi liquefaction adalah antara 10,00 m sampai 20,0 m dibawah permukaan tanah.

- f. Ditinjau dari besarnya intensitas gempa bumi, maka akan terdapat korelasi berikut untuk dapat terjadinya liquefaction:
- Akselerasi = 44 - 94 gal untuk $D_r = 40\%$
- Akselerasi = 200-400 gal untuk $D_r = 75\%$
- g. Bila keadaan drainase tanah baik, maka tekanan air pori yang ditimbulkan pada waktu gempa bumi dapat didesipasikan dengan baik, sehingga bahaya liquefaction dapat dihindarkan.

DATA TANAH:

A. Data-data tanah

a. Compactness dari cohesionless soil dan consistensi dari cohesive soil

a-1. Cohesionless soil :

COMPACTNESS	VERY LOOSE	LOOSE	MEDIUM	DENSE	VERY DENSE
Relative Density D_r	0	15%	35%	65%	80% 100%
$N(SPT) = \frac{\text{Blows}}{F_t}$	0	4	10	30	50
ϕ°	0	28	30	36	41
$\gamma_{\text{Moist}} (PCF)$	<100	95-125	110-130	110-140	>130
$\gamma_{\text{Submerged}}$	<60	55-65	60-70	65-85	>75

a-2. Cohesive soil

CONSISTENCY	VERY SOFT	SOFT	MEDIUM	STIFF	VERY STIFF	HARD
q_u ($\frac{t}{ft^2}$)	0	0,25	0,50	1,00	2,0	4,0
N (Blow/ ft)	0	2	4	8	16	32
Unit Weight PCF	100-120	110-130		120-140	130	

Note: q_u = Unconfined compression strength

b. Hubungan antara q_c (kg/cm^2) sondir dengan N (SPT)

Soil Type	q_c/N
Silt & Slightly silt	2,0
Sand & Slightly Silty Sand	3,5
Gravelly Sand	5,0
Sandy Gravel & Gravel	6,0

Dari Sanglerat (Schmertmann):

lempung : $q_c/N = 2$

pasir : $q_c/N = 4$

B. Bearing pressure of soils & rocksa. Sowers & sowers

Very Loose Sand, Dry	0 - 1000 PSF
Loose Sand, Dry	1000 - 3000 PSF
Firm Sand, Dry	5000 - 6000
Dense Sand, Dry	6000 - 12000
Soft Clay	0 - 1500 PSF
Firm Clay	1500 - 2500
Stiff Clay	2500 - 5000
Hard Clay	5000 - 10000
Layerd, Laminated Fracture Rock	10000 - 30000
Massive Rock Ocasional Seams.	30000 - 80000
Sound Massive Rock	80000 - 200000

b. T e n g s

Consistency of Soil	N (SPT)	Square Footing	Strip Footing
Very Soft	0 - 2	0,00 - 0,30	0,22
Soft	2 - 4	0,30 - 0,60	0,22 - 0,45
Medium	4 - 8	0,60 - 1,20	0,45 - 0,90
Stiff	8 - 15	1,20 - 2,40	0,90 - 1,80
Very Stiff	15 - 30	2,40 - 4,80	1,80 - 3,60
Hard	30	4,80	3,60

c. Architectural Institute of Japan

Allowable Bearing Capacity for permanent loading

S O I L S		Allowable Bearing Capacity	R E M A R K	
			N (SPT)	q _u (kg/cm ²)
R o c k		100	>100	
Sand Bed Rock		50	>50	
Hard Bed Rock		30	>30	
G r a v e l	D e n s e	60		
	L o o s e	30		
Sandy Soil	D e n s e	30	30 - 50	
	M e d i u m	20	20 - 30	
	+Loose	5	5 - 10	
	+Very Loose	0	< 5	
Clayey Soil	Very Stiff	20	15 - 30	>2,5
	Stiff	10	8 - 15	1 - 2,5
	Medium	5	4 - 8	0,5 - 1,0
	+Soft	2	2 - 4	0,25- 0,5
	+Very Soft	0	0 - 2	< 0,25

+) not suitable for bearing material.

C.a. Value of K_v (kg/cm^2)

SOIL	K_v (kg/cm^2)
Fill	3 - 5
Loam	3 - 5
Sand	8 - 10
Gravel	11 - 13

$$K_v = 20 NA \text{ t/cm}$$

$$N = \text{Nvalue (SPT)}$$

$$A = \text{Pile end area (m}^2\text{)}$$

b. Coefficient of horizontal subgrade reaction

$$k = K_0 y^{-\frac{1}{2}} = \text{coefficient of horizontal subgrade reaction (kg/cm}^3\text{)}$$

K_0 = coefficient of horizontal subgrade reaction for dis

placement = 1 cm

$$= \propto E_0 D^{-3/4} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$(E_0 = 28 N \text{ kg/cm}^2, \propto = 0,2)$$

D = pile diameter

y = the amount of displacement of the design ground surface

5. FOUNDATION

A. Shallow foundation

a. Bearing capacity

a-1. Cohesionless soil

a-1-1. Square footing :

$$q_{ult} = 2 N^2 BR_w + 6 (100+N^2) D_f R_w'$$

a-1-2. Strip footing

$$q_{ult} = 3 N^2 BR_w + 5 (100+N^2) D_f R_w'$$

C.a. Value of K_v (kg/cm^2)

SOIL	K_v (kg/cm^2)
Fill	3 - 5
Loam	3 - 5
Sand	8 - 10
Gravel	11 - 13

$$K_v = 20 NA \text{ t/cm}$$

$$N = \text{Nvalue (SPT)}$$

$$A = \text{Pile end area (m}^2\text{)}$$

b. Coefficient of horizontal subgrade reaction

$$k = k_0 y^{-\frac{1}{2}} = \text{coefficient of horizontal subgrade reaction (kg/cm}^3\text{)}$$

k_0 = coefficient of horizontal subgrade reaction for dis

placement = 1 cm

$$= \propto E_0 D^{-3/4} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$(E_0 = 28 N \text{ kg/cm}^2, \propto = 0,2)$$

D = pile diameter

y = the amount of displacement of the design ground surface

5. FOUNDATIONA. Shallow foundationa. Bearing capacity

a-1. Cohesionless soil

a-1-1. Square footing :

$$q_{ult} = 2 N^2 B R_w + 6 (100 + N^2) D_f R_w'$$

a-1-2. Strip footing

$$q_{ult} = 3 N^2 B R_w + 5 (100 + N^2) D_f R_w'$$

q_{ult} = net ultimate bearing pressure (psf)

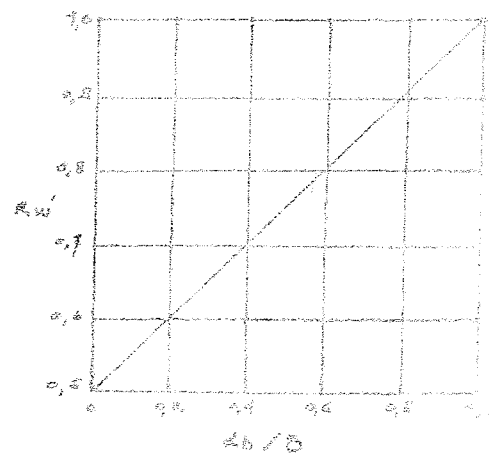
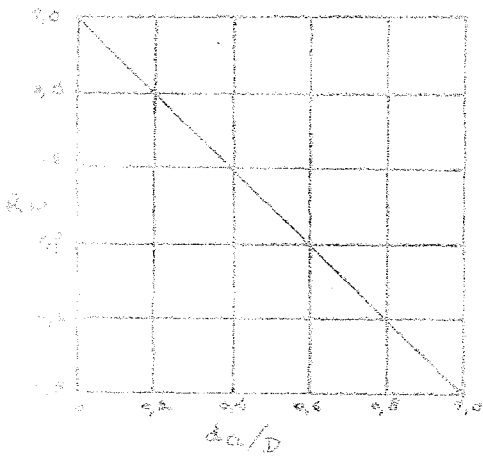
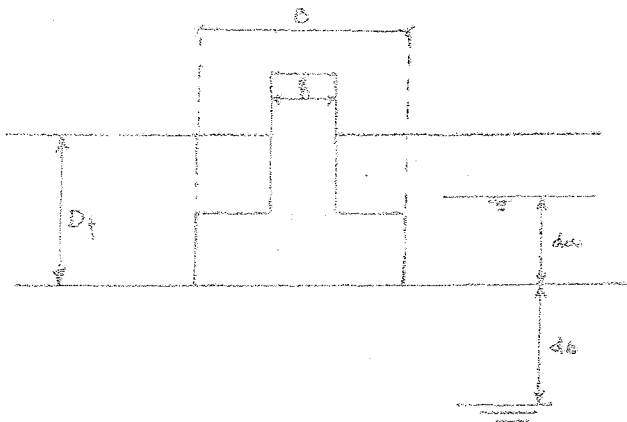
N = value obtained from SPT

B = width of footing (ft)

D_f = Depth of footing (ft)

harus diukur dari permukaan tanah yang terendah bila

$D > B$ dalam perhitungan apabila harga $D = B$



a-2. Bearing capacity of cohesive soil

a-2-1. Strip footing

$$q_{ult} = 5,52C (1 + 0,38 D_f/B)$$

a-2-2. Rectangular footing

$$q_{ult} = 5,52C (1 + 0,38 D_f/B + 0,44 B/L)$$

$$C = q_c / (10 - 20) \text{ kg/cm}^2 \quad (q_c = \text{diperoleh dari Dutch cone})$$

Catatan

1. Bila eksentrisitet dari beban fondasi dipertimbangkan , bearing capacity dari fondasi harus dihitung dengan menggunakan effective loaded area yang telah direduksi sesuai dengan besar eksentrisitetnya.
2. Bila inklinasi dari beban fondasi diperhitungkan, bearing capacity-nya harus diperoleh dengan general shear failure condition.
3. Bila tangen dari sudut inklinasi dari beban (horizontal / vertical load) kurang dari 0,1 , bearing capacity dapat diperoleh dengan menaksir dari tabel sebagai berikut :

	GROUND	Normal (T/M ²)	Gempa (T/M ²)	Quoted Values	
				N values	Unconfined Compressive Strength (T/M ²)
R	Uniform Hard Rock With Less Crack	100	150	-	100
O	Hard Rock with Crack	60	90	-	100
C	Soft Rock Tightly Consolidated Mud Layer	30	45	-	10
K	Cemented Gravel	60	90	-	-
	Gravel Deposit	30	45	-	-
	Sand with high Density	30	45	30-50	-
	Sand with medium Density	20	30	15-30	-
	Extremely Hard Clay	20	30	15-30	2,0-4,0
	Hard Clay	10	15	8-15	1,0-2,0
	Medium Hard Clay	5	7,5	4-8	0,5-1,0

B. Pier/Pile foundationI. Panjang tiang fundasi

		Panjang Tiang (M)
D r i v e n p i l e	R C	12 M
	P C	40 M
	H _{st} ell Pile	20 M
	Stell Tube	50 M
B o r e p i l e	Earth Drill	27 M
	B e n o t	40 M
	Reverse	50 M

II.a. Cohesive soil

$$q_{ult_point} = q_c A$$

$$q_{ult_friction} = \sum L \cdot \gamma \cdot q_c / (10-20)$$

b. Cohesionless soil

$$q_{ult_point} = q_c A$$

$$q_{ult_friction} = \sum q_c / 200 \cdot \gamma \cdot L$$

Dimana :

q_c = Dutch cone resistance (kg/cm²)

A = Luas tiang (cm²)

π = keliling (cm)

L = Panjang tiang (cm)

Concrete Pile

Cohesion (T/M ²)	Adhesion (T/M ²)
0 - 3,66	0 - 3,42
3,66 - 7,32	3,42 - 4,39
7,32 - 14,64	4,33 - 6,34

C. Horizontal bearing capacity

A. Shallow foundation

a-1. Boban ditahan oleh bagian yang terpendam (embeded part) - reaksi horizontal fundasi harus lebih kecil dari tekanan pasif yang timbul dengan safety factor :

normal = 1,5 , earth-quake = 1,1 .

a-2. Tekanan tanah pasif harus dihitung berdasarkan hasil soil test.

a-3. Sliding resistance = $cA' + V \tan \phi$

c = cohesion

A' = effective loaded area

ϕ = internal friction

V = vertical load

b. Pier/pile foundation

Dihitung sesuai dengan cara yang terdapat dalam Beca Carter
Hollings & Ferner vol 6 Appendix B

D. Safety factora. Shallow foundation

1. Vertical direction : normal = 3
earth-quake = 2
2. Horizontal direction : normal = 1,5
earth-quake = 1,1

b. Pile foundation1. Vertical direction

	Bearing Pile	Friction Pile	
		Good Sand Layer	Other
Normal	3	3	4
Earth-quake	2	2	3

2. Vertical direction Pull Out

	Good Sand Layer	Good Cohesive Layer	General
Normal	--	-	6
Earth-quake	2	3	3

$$N = D/S$$

D = pile diameter

S = pile distance

n = number of pile in group

q_{ult} = ultimate bearing capacity of single pile

Harus ditinjau Block failure :

Yaitu daya dukung group sama dengan kemampuan pikul akibat friction pada luas keliling block + daya dukung dari tanah dibawah pile group.

II. DAFTAR INTENSITAS MODIFIED MERCALLI (M.M.)

01. Tidak terasa.
02. Terasa oleh orang-orang dalam keadaan istirahat, di lantai tingkat atas.
03. Terasa di dalam rumah; benda-benda yang tergantung akan berayun; getaran terasa seperti ada truk kecil lewat; tidak diketahui lamanya; kemungkinan tidak disangka bahwa ada gempa.
04. Benda-benda yang tergantung berayun; getaran terasa seperti ada truk besar lewat, atau bola berat yang dilemparkan ke dinding; sepeda motor yang diparkir berguncang; pintu-pintu dan barang pecah-belah bergetar dan berkelontangan; maksimalnya dinding dan rangka kayu retak.
05. Terasa di luar rumah; arahnya dapat ditentukan; orang tidur terbangun; benda cair berguncang dan ada yang tumpah; benda yang tidak stabil berpindah tempat atau terguling; pintu-pintu terbuka tertutup; pigura bergerak; bandul lonceng berhenti atau jadi tidak cocok lagi.
06. Terasa oleh semua orang; banyak yang ketakutan dan lari ke luar rumah; pejalan kaki terganggu; jendela kaca dan barang pecah-belah pecah; buku-buku jatuh dari raknya; gambar-gambar jatuh dari dinding; perabot rumah bergerak atau terguling; plester dinding yang lemah pecah-pecah; lonceng gereja berdentang; pohon dan semak terlihat dan terdengar bergoyang.

07. Orang sulit untuk berdiri; terasa oleh pengendara mobil ; benda yang tergantung bergetar; perabot rumah pecah; dinding yang tidak kuat pecah; cerobong asap yang lemah patah setinggi atap; plesteran, bata lepas, genteng dan parapet terlepas; air kolam bergelombang dan keruh; pergeseran dan terjadi lekukan pada timbunan pasir dan kerikil; lonceng besar berdentang; selokan irigasi rusak.
08. Kemudi mobil terganggu; beberapa bangunan tembok runtuh ; cerobong asap, tumpukan barang, monumen, menara, tangki air yang di atas akan berputar dan jatuh; bangunan rangka berpindah dari fondasinya bila tidak dijangkarkan; dinding panil yang tidak terikat terlempar ke luar; dahan-dahan pohon patah dari batangnya; perubahan suhu dan aliran dari mata air dan sumur; terjadi retakan pada tanah basah dan lereng-lereng curam.
09. Umum menjadi panik; bangunan-bangunan hancur sebagian atau seluruhnya; kerusakan umum pada pondasi; bangunan rangka yang tidak dijangkar ke pondasinya akan bergerak; bangunan bergerak; tangki air rusak berat; pipa bawah tanah pecah; tanah mekrek dengan mengejutkan; pasir dan lumpur menyembur dari tanah, terjadi air mancur dan kawah baru.
10. Bangunan tembok dan rangka pada umumnya rusak bersama pondasinya; struktur kayu yang kuat dan jembatan rusak; rusak berat pada bendungan, terusan dan tambak-tambak; kelong-

soran tanah yang besar; air melimpah dari terusan, sungai, danau dan lain-lain; di pantai dan tanah datar pasir dan lumpur bergeser secara horizontal; jalan kereta api menjadi bengkok.

11. Rel-rel kereta api membengkok dengan kuat; pipa-pipa bawah tanah tak berfungsi sama sekali.
12. Benda alam yang besar; batu-batu besar berpindah tempat; terjadi distorsi garis penglihatan dan ketinggian; barang-barang terlempar ke udara.

Perkiraan hubungan antara Richter Magnitude (M), Modified Mercalli Intensity (M.M.), percepatan permukaan maksimum, dan jari-jari (radius) pengaruh gempa bumi pada keadaan rata-rata.

Richter Magnitude (M.)	Modified Mercalli Intensity pada Episenter (M.M.)	Percepatan Permukaan Maksimum pada Episenter	Radius Pengaruh kira-kira
3	II - III	0,003 g	25 km
4	IV - V	0,01 g	50 km
5	VI	0,03 g	100 km
6	VII - VIII	0,01 g	200 km
7	IX	0,3 g	400 km
8	X - XI	1,0 g	700 km

Catatan : g = percepatan gravitasi.

