

ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAKABEYA

SKRIPSI

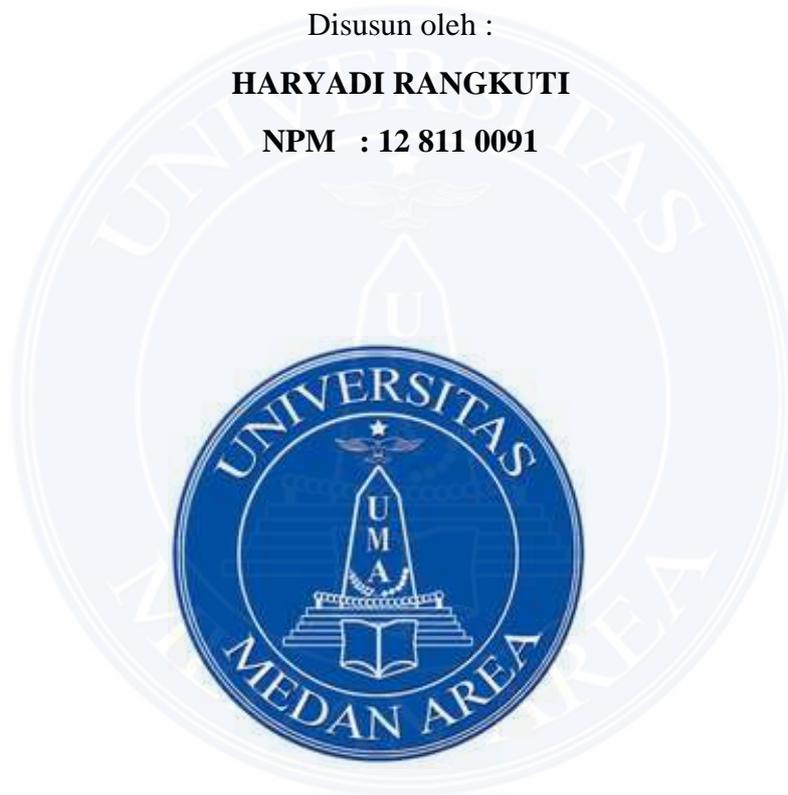
Diajukan sebagai bahan Sidang Sarjana dan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil

Universitas Medan Area

Disusun oleh :

HARYADI RANGKUTI

NPM : 12 811 0091



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG DENGAN
MENGUNAKAN METODE TAKABEYA

SKRIPSI

Disusun oleh :

HARYADI RANGKUTI
12.811.0091

Diketahui Oleh :

Dosen Pembimbing I



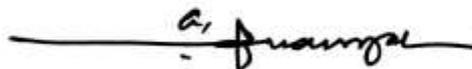
Ir. Nurmaidah, MT

Dosen Pembimbing II



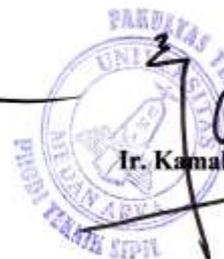
Ir. Subur Panjaitan, MT

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M. Eng

Ka. Prodi Teknik Sipil



Ir. Kamaludin Lubis, MT

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Haryadi Rangkuti

Npm : 12.811.0091

Judul Skripsi : ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG DENGAN
MENGUNAKAN METODE TAKABEYA

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan *programing* yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika ada terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh dari karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di universitas medan area.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan, 02 Februari 2018
Yang membuat pernyataan,

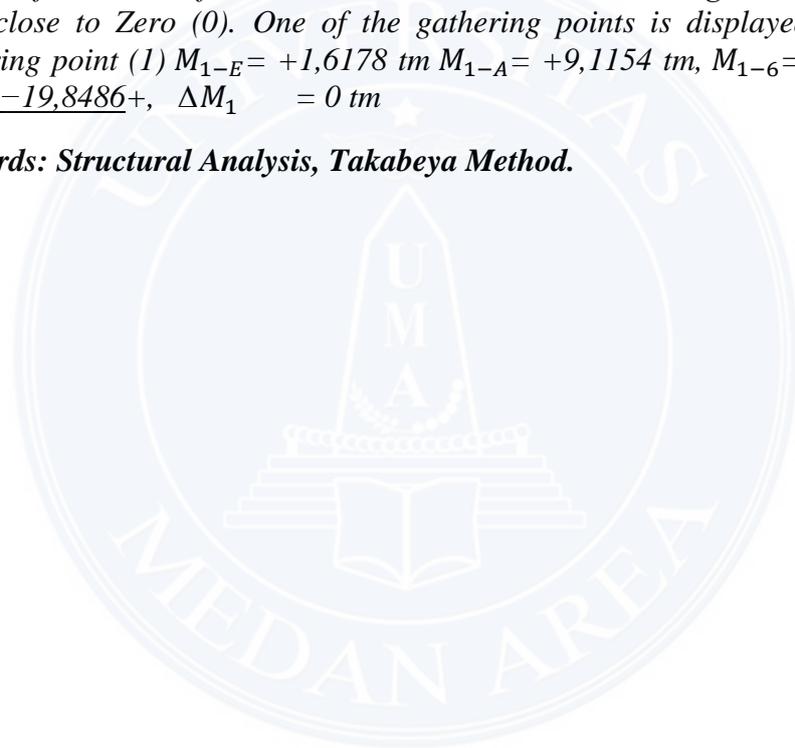


Haryadi Rangkuti
Npm : 12.811.0091

Abstract

To overcome the limitations of land and land prices, designers in civil engineering take the alternative by developing buildings towards vertical or high rise buildings. In modern times like the current calculation of multilevel portal structure has been done by using software so that over time people - people who in charge of it will forget the procedure of calculating the structure of the portal by means of existing methods. The purpose of this study is to be able to know the procedure of calculation of structure loading and calculation of portal structure using takabeya method. Takabeya method is the simplest method in its use in the calculation of multilevel portal compared with the cross and kani method. Because this takabeya method at each gathering point requires only one moment of momentum for the enlargement of the moment. The structure of the hospital building is the structure of the building that is safe in use as a hospital building because of the result of the calculation that has been done to get the result ($\Delta M = 0$) or close to Zero (0). One of the gathering points is displayed as follows: Gathering point (1) $M_{1-E} = +1,6178 \text{ tm}$ $M_{1-A} = +9,1154 \text{ tm}$, $M_{1-6} = +9,1154 \text{ tm}$, $M_{1-2} = -19,8486 \text{ tm}$, $\Delta M_1 = 0 \text{ tm}$

Keywords: Structural Analysis, Takabeya Method.



Abstrak

Untuk mengatasi keterbatasan lahan dan harga tanah, perancang di bidang teknik sipil mengambil alternatif dengan mengembangkan bangunan kearah vertikal atau bangunan bertingkat. Di jaman modren seperti sekarang ini Perhitungan struktur portal bertingkat banyak sudah dilakukan dengan menggunakan software sehingga lama kelamaan orang – orang yang membidangi hal tersebut akan lupa tata cara perhitungan struktur portal dengan cara metode – metode yang ada. Tujuan penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui tata cara perhitungan pembebanan struktur dan perhitungan struktur portal dengan menggunakan metode takabeya. Metode takabeya merupakan metode yang paling sederhana dalam penggunaannya dalam perhitungan portal bertingkat banyak dibandingkan dengan metode cross dan kani. Karena metode takabeya ini pada tiap – tiap titik kumpulnya hanya memerlukan satu momen persiil untuk pembesaran momen. Struktur gedung rumah sakit mitra medika tembung merupakan struktur gedung yang aman dalam penggunaan sebagai gedung rumah sakit karena dari hasil perhitungan yang telah dilakukan mendapatkan hasil ($\Delta M = 0$) atau mendekati Nol(0). Salah satu dari titik kumpul di tampilkan sebagai berikut : Titik kumpul (1) $M_{1-E} = +1,6178$ tm, $M_{1-A} = +9,1154$ tm, $M_{1-6} = +9,1154$ tm, $M_{1-2} = -19,8486$ $\Delta M_1 = 0$ tm

Kata kunci : Analisa Struktur, Metode Takabeya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Walau banyak halangan dan rintangan, namun akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan.

Dimana skripsi ini merupakan salah satu syarat yang wajib di penuhi setiap mahasiswa untuk menyelesaikan studi di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Untuk memenuhi kewajiban tersebut penulis berkesempatan untuk melaksanakan Penelitian pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Mitra Medika Tembung yang berada di jalan besar Medan – Batang kuis, Pasar VII – Medan Tembung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini dapat terselesaikan karena bantuan banyak pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc. Selaku Rektor Universitas Medan Area
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M. Eng sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaludin Lubis, MT Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area
4. Ibu Ir. Nurmaidah, MT Selaku Pembimbing ke 1 (satu)
5. Bapak Ir. H. Subur Panjaitan, MT selaku Pembimbing ke 2 (dua)
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Staff Pegawai di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

7. Bapak Darma Risaldy dan Bapak Naga, ST Selaku Pimpinan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Mitra Medika tembung.
8. Seluruh Staff CV. Prima Abadi Jaya atas Bimbingan dan Masukan Selama Penulis Melaksanakan Penelitian.
9. Ucapan terima kasih penulis yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua yang telah banyak memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk penulis.
10. Terima kasih kepada keluarga, semua teman-teman Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Medan Area, dan kekasih serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis berharap semoga karya tulis ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan kemauan untuk terus belajar sehingga kita semua mempunyai ilmu dalam bidang teknik Sipil sehingga kita berguna bagi bangsa dan negara.

Medan, Februari 2018
Penulis

HARYADI RANGKUTI

DAFTAR ISI

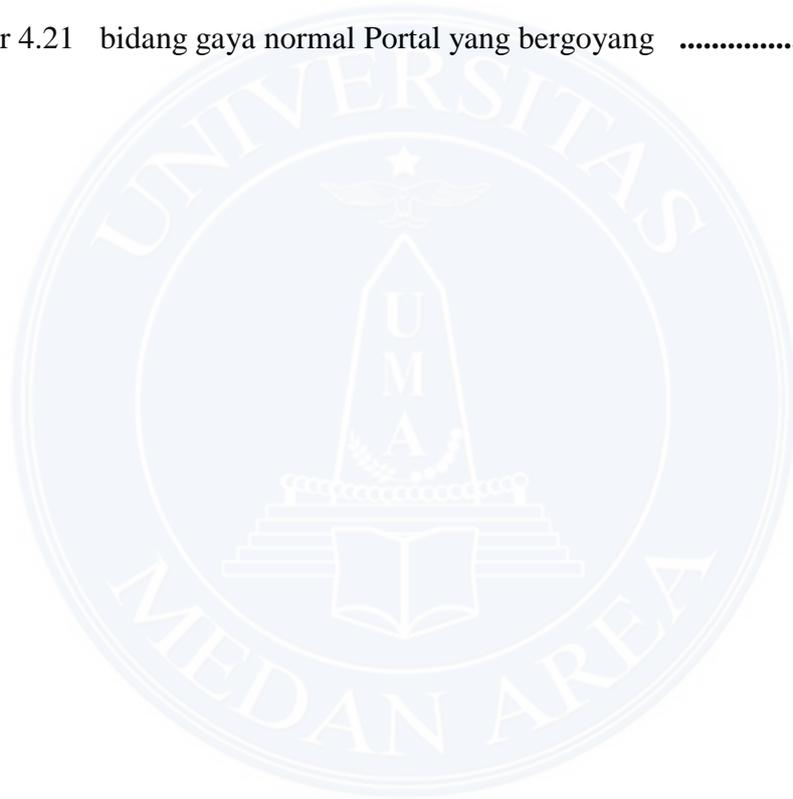
LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRACT	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Maksud Penelitian	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.1.1 Persyaratan struktur	4
2.1.2 Analisis dan Perencanaan struktur	5
2.1.3 Kombinasi Pembebanan	6
2.2 Perencanaan struktur	7
2.2.1 Struktur portal	7
2.2.2 Perencanaan pelat lantai	8
2.2.3 Pembebanan Struktur	9
2.3 Metode Takabeya	12
2.4 Penurunan Persamaan Struktur	13
2.5 Portal dengan titik kumpul yang tetap	17
2.6 Portal dengan titik kumpul yang bergoyang	22

BAB III TINJAUAN PUSTAKA	32
3.1 Tempat dan waktu penelitian	32
3.2 Rancangan penelitian	32
3.3 Pelaksanaan penelitian	32
BAB IV PEMBAHASAN	32
4.1 Penjelasan Bangunan	33
4.2 Perhitungan beban portal	35
4.3 Perhitungan Struktur dengan titik kumpul yang tetap.....	60
4.4 Menghitung Momen, gaya Lintang, dan gaya Normal	118
4.5 Perhitungan Struktur dengan titik kumpul yang bergoyang	133
4.6 Menghitung Momen, gaya Lintang, dan gaya Normal	199
BAB V PENUTUP	214
5.1 Kesimpulan	214
5.2 Saran	215
DAFTAR PUSTAKA	216
LAMPIRAN	x

DAFTAR GAMBAR

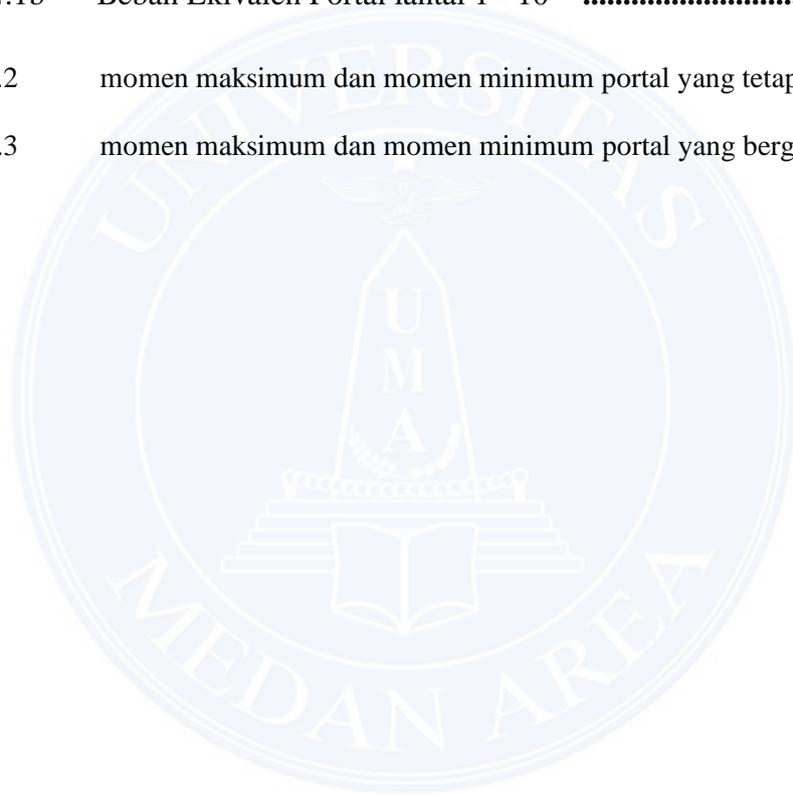
Gambar 2.2.1	Portal terbuka dan portal tertutup	8
Gambar 2.2.2	gambaran pembagian beban plat lantai	9
Gambar 2.4a	Perputaran sudut	13
Gambar 2.4b	Sper posisi	14
Gambar 2.5	Portal dengan titik kumpul tetap	17
Gambar 2.6a	Peninjauan portal dengan beban Horizontal	23
Gambar 2.6b	Keseimbangan freebody kolom lantai III	26
Gambar 2.6b	Keseimbangan freebody kolom lantai II	26
Gambar 2.6d	Persamaan momen displacement pada kolom	30
Gambar 4.1	Balok dan plat lantai 1-10(atap)	33
Gambar 4.2	Portal Melintang ,Potongan A-A	34
Gambar 4.3	Pembagian beban plat lantai 1 – 10atap, Portal melintang	37
Gambar 4.4	bagian-bagian beban terpusat (dari plat lantai)	39
Gambar 4.5	beban terpusat lantai 1	51
Gambar 4.6	beban terpusat dan beban merata lantai 1	54
Gambar 4.7	portal melintang serta pembebanannya	58
Gambar 4.8	Penyempurnaan dari gambar 4.7	59
Gambar 4.9	portal melintang serta angka kekakuan balok da kolom	64
Gambar 4.10	Bagan skema pemberesan momen persiil portal yang tetap	100
Gambar 4.11	distribusi momen portal yang tetap	117
Gambar 4.12	bidang Momen Portal yang tetap	123
gambar 4.13	bidang gaya lintangPortal yang tetap	126

Gambar 4.14	bidang gaya normal Portal yang tetap.....	132
Gambar 4.15	portal melintang serta pembebanannya	135
Gambar 4.16	portal melintang serta angka kekakuan balok dan kolom	143
Gambar 4.17	Bagan skema pemberesan momen persil portal bergoyang	182
Gambar 4.18	Distribusi momen portal bergoyang	198
Gambar 4.19	bidang Momen Portal yang bergoyang	204
Gambar 4.20	bidang gaya lintang Portal yang bergoyang	207
Gambar 4.21	bidang gaya normal Portal yang bergoyang	213



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat bahan bangunan	10
Tabel 2.2	Bagian bagian konstruksi	10
Tabel 2.3	Beban hidup pada pelat lantai	11
Tabel 4.1a	Beban Ekuivalen Portal lantai 1 - 9	55
Tabel 4.1b	Beban Ekuivalen Portal lantai 1 - 10	56
Tabel 4.2	momen maksimum dan momen minimum portal yang tetap	122
Tabel 4.3	momen maksimum dan momen minimum portal yang bergoyang.....	201



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan penduduk terpadat ke-3 dunia, hal ini disebabkan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya. Hal kependudukan ini akan berpengaruh kepada berkembangnya pembangunan agar terpenuhi kebutuhan sarana dan prasarana masyarakat tersebut, seperti : rumah, kantor, sekolah, rumah sakit, jalan, jembatan dan sebagainya. Namun tercapainya pembangunan dapat pula meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian negara.

Seiring berkembangnya pembangunan yang semakin pesat kebutuhan ruang dan lahan semakin bertambah yang pada akhirnya akan menyebabkan keterbatasan lahan, harga tanah yang semakin meningkat dan ruang terbuka semakin berkurang. Untuk mengatasi hal tersebut perancang di bidang teknik sipil mengambil alternatif dengan mengembangkan bangunan kearah vertikal atau bangunan bertingkat seperti gedung perkantoran, rumah susun, rumah sakit, rumah toko dan sebagainya. Sebuah bangunan bertingkat terdiri dari beberapa struktur yang harus mampu menahan beban baik beban struktural maupun lateral, maka dalam hal ini perencanaan dan konsultan perlu melakukan analisis gaya yang terdapat pada struktur bangunan terlebih dahulu agar selanjutnya dapat direncanakan pembedaan pada struktur secara tepat, sehingga kuat dari beban yang bekerja dan tidak terjadi retakan ataupun runtuhnya bangunan tersebut.

Dalam menganalisis struktur portal baik statistik tertentu maupun statistik tak tentu terdapat bergai metode antara lain distribusi momen (Hendry Cross), slope deflection, metode takabeya, metode matriks, dan beberapa metode yang dipakai umum lainnya.

Metode distribusi momen (Hendry Cross) cara untuk menyelesaikan persamaan – persamaan simultan di dalam ubahan sudut dengan pendekatan berturut – turut, dengan derajat ketelitian berapapun, seiring kehendak.

Metode slope deflection digunakan untuk analisis struktur balok statis tak tentu dan portal dengan menggunakan rotasi batang sebagai variabel dikategorikan sebagai metode fleksibilitas (*flexibility method*).

Metode takabeya ialah perhitungan struktur portal bertingkat banyak yang berlaku anggapan dasar bahwa deformasi yang disebabkan oleh gaya tekan/tarik dan geser dalam diabaikan dan hubungan antara balok dan kolom dianggap sebagai hubungan kaku sempurna (monolit).

Metode matriks adalah suatu metode untuk menganalisa struktur dengan menggunakan bantuan matriks, yang terdiri dari : matriks kekakuan, matriks perpindahan, dan matriks gaya.

Tujuan dari metode tersebut tak lain hanya untuk mendapat besar gaya – gaya dalam, yaitu gaya yang bekerja di dalam sebuah konstruksi bangunan akibat adanya beban – beban yang terdapat pada struktur bangunan tersebut. Gaya – gaya ini berupa momen, lintang, dan geser. Menentukan dan menghitung besaran gaya – gaya dalam kita akan dapat merencanakan lebih lanjut. Seperti dimensi dari struktur dan tulangan bangunan tersebut sehingga dapat menahan beban – beban yang dipikulnya.

Berdasarkan metode – metode diatas, berhubung judul dalam skripsi ini adalah analisa perhitungan struktur gedung dengan menggunakan metode takabeya, maka penulis memilih metode yang paling sederhana dalam penggunaannya sebagai metode perhitungan portal bertingkat banyak yaitu metode takabeya. metode takabeya merupakan metode yang paling sederhana karena pada tiap – tiap titik kumpulnya hanya memerlukan satu momen persill untuk pemberesan momen.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah :

bagaimana membuat perhitungan struktur portal dengan menggunakan metode takabeya.

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batas masalah dalam skripsi ini adalah :

1. Pada perhitungan pembebanan, beban gempa tidak dihitung sebagai beban rencana.
2. Perhitungan portal yang dilakukan dengan metode takabeya hanya pada portal Melintang.
3. Tidak menghitung dimensi tulangan struktur

1.4 Maksud Penelitian

Adapun maksud penelitian ini adalah Agar dapat mengetahui cara pengerjaan struktur dan untuk dapat mengetahui poin – poin penting yang harus di ketahui dalam perhitungan struktur portal sehingga bisa diterapkan ilmu yang didapat terhadap dunia kerja pada nantinya.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui tata cara perhitungan pembebanan struktur dan perhitungan struktur portal dengan menggunakan metode Takabeya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tujuan Perencanaan Struktur Adalah Untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, awet, dan kemudahan pelaksanaan.

Suatu struktur disebut satabil bila struktur tersebut tidak mudah terguling, Miring dan tergeser selama umur rencana pada suatu bangunan.

Suatu Struktur disebut Kuat bila kemungkinan terjadi kegagalan struktur dan kehilangan kemampuan layanan selama masa umur struktur yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima.

Suatu struktur disebut awet apabila struktur tersebut dapat menerima keausan dan kerusakan yang diharapkan terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan. (SNI-03-1729-2002 – HAL .12).

2.1.1 Persyaratan Struktur

Dalam perencanaan Struktur Beton Bertulang harus dipenuhi Syarat – syarat sebagai berikut :

1. Analisa Struktur harus dilakukan dengan cara mekanika teknik yang baku.
2. Percobaan model diperbolehkan bila diperlukan untuk menunjang analisis teoritis.
3. Analisa struktur harus dilakukan dengan model Matematis yang mensimulasikan keadaan struktur yang sesungguhnya dilihat dari segi sifat bahan dan kekakuan unsur – unsurnya.
4. Bila cara perhitungan menyimpang dari tata cara ini, maka harus mengikuti persyaratan sebagai Berikut :

- a. Struktur yang dihasilkan harus dapat dibuktikan cukup aman dengan bantuan perhitungan dan atau percobaan.
- b. Tanggung jawab atas penyimpangan yang terjadi dipikul oleh perencana dan pelaksana yang bersangkutan.
- c. Perhitungan dan atau percobaan tersebut diajukan kepada panitia yang ditunjuk oleh pengawas yang berwenang, yang terdiri dari ahli-ahli yang diberi wewenang menentukan segala keterangan dan cara- cara tersebut. Bila perlu, panitia dapat meminta bila diadakan percobaan ulang, lanjutan atau tambahan. Laporan panitia yang berisi syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan penggunaan cara tersebut mempunyai kekuatan yang sama dengan tata cara ini. (SNI-03-2847-2002-Hal.13).

2.1.2 Analisis dan Perencanaan

Perencanaan struktur beton bertulang harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

1. Semua komponen struktur harus direncanakan cukup kuat sesuai dengan ketentuan yang dipersyaratkan dalam tata cara ini, dengan menggunakan faktor beban dan faktor reduksi kekuatan yang ditentukan.
2. Komponen struktur non-prategang boleh di rencanakan dengan menggunakan metode beban kerja dan tegangan izin.

Prosedur dan asumsi dalam perencanaan serta besarnya beban rencana mengikuti ketentua sebagai berikut ;

1. Ketentuan mengenai tata cara ini didasarkan pada asumsi bahwa struktur direncanakan untuk memikul semua beban kerjanya.
2. Beban keja diambil berdasarkan SNI 03-1727-1989-F, *Tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung.*

3. Dalam perencanaan terhadap beban angin dan Gempa,seluruh bagian struktur yang membentuk satu kesatuan harus direncanakan berdasarkan tata cara ini dan juga harus memenuhi SNI 03-1726-1989, *tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung.*
4. Memperhatikan pengaruh dari gaya prategang, beban keran, vibrasi, kejutan, susut, perubahan suhu, rangkakan, perbedaan penurunan pondasi, dan beban khusus lainnya yang mungkin bekerja.

Analisis komponen struktur harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Semua komponen struktur rangka atau struktur menerus direncanakan terhadap pengaruh maksimum dari beban terfaktor yang di hitung sesuai dengan metode elastis,atau mengikuti peraturan khusus. Kecuali untuk beton prategang, metode pendekatan untuk analisis rangka untuk bangunan dengan tipe konstruksi, bentang, dan tinggi tingkat yang umum.
2. Sebagai alternatif, metode pendekatan ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser untuk perencanaan balok menerus dan pelat satu arah,yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah (SNI 03-2847-2002-Hal 278).\

2.1.3 Kombinasi Pembebanan

Suatu struktur harus mampu memikul kombinasi pembebanan sebagai berikut :

$$1,4D$$

$$1,2D + 1,6L$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$$

$$1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + \gamma_L L \text{ atau } 0,8W$$

$$(\text{SNI 03- 1729-2002-Hal 13})$$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh konstruksi permanen, termasuk dinding , lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layanan tetap.

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejutan, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain sebagainya.

La adalah beban hidup yang berada di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

H adalah beban hujan dan tidak termasuk yang disebabkan genangan air.\

$$\gamma_L = 0,5 \text{ bila } L < 5 \text{ kPa dan } \gamma_L = 1 \text{ bila } \geq 5 \text{ kPa}$$

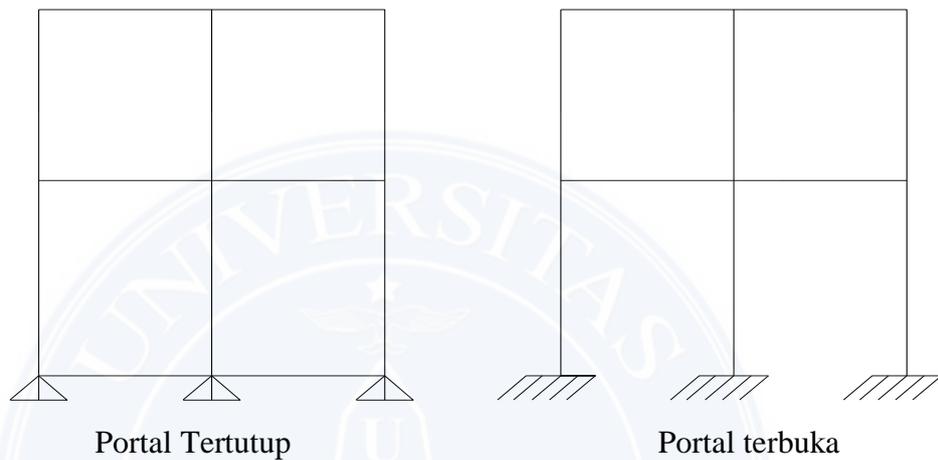
2.2. Perencanaan struktur

2.2.1 Struktur portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri dengan atau tanpa di bantu diafragma-diafragma horizontal atau sistem lantai. pada dasarnya sistem struktur bangunan terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Portal terbuka, dimana semua momen-momen dan gaya yang bekerja pada konstruksi di tahan sepenuhnya oleh pondasi, sedangkan sloof hanya berfungsi sebagai penahan dinding di atasnya saja. Kekuatan dan kekakuan portal dalam menahan beban lateral dan kestabilan tergantung pada kekuatan elemen-elemen strukturnya.

2. Portal tertutup, dimana momen-momen dan gaya yang bekerja pada konstruksi ditahan terlebih dahulu oleh sloof dan kemudian diratakan, kemudian sebagian kecil beban dilimpahkan kepondasi. Sloof berfungsi sebagai pengikat kolom yang satu dengan yang lain untuk mencegah terjadinya Differential settlement (*analisa perencanaan struktur* Hal. 9)

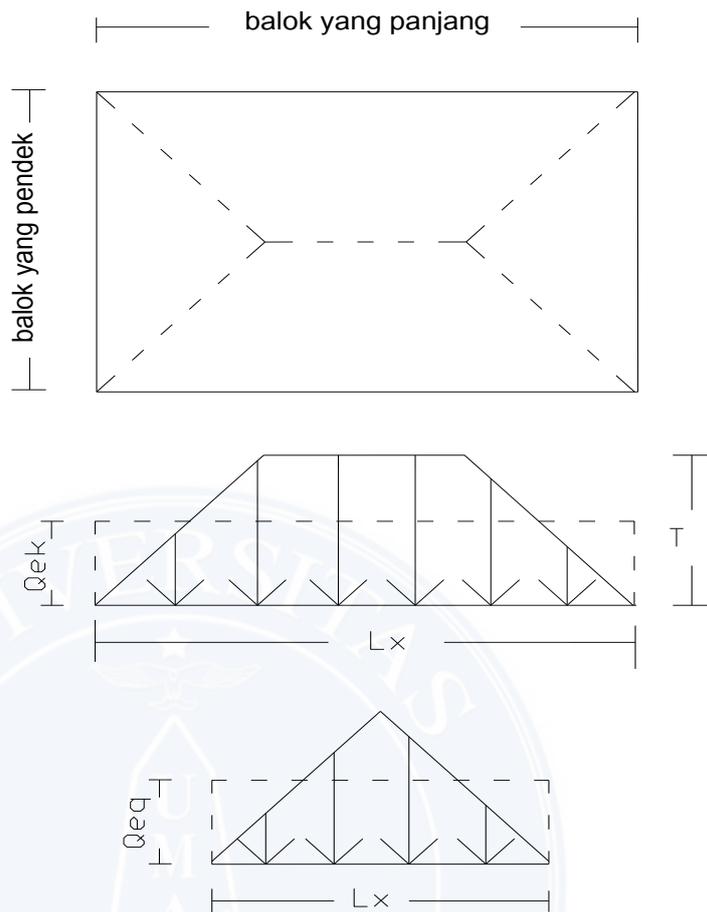


Gambar 2.2.1

2.2.2 Perencanaan pelat lantai

Selain memikul berat sendiri balok juga memikul berat pelat lantai. Beban pelat di atasnya di distribusikan kepada balok-balok yang mendukung pelat tersebut. Distribusi beban terbagi dua bagian yaitu beban merata trapesium dan beban merata segitiga.

Dimana beban merata trapesium adalah yang disalurkan kepada balok yang lebih panjang dan beban merata segi tiga adalah yang disalurkan kepada balok yang lebih pendek. Dari kedua beban merata tersebut akan diubah menjadi beban merata persegi panjang yang disebut beban ekuivalen / Q_{ek} (*Analisa perencanaan struktur* Hal 9).



Gambar 2.2.2

Beban Ekuivalen

Adapun rumus beban ekuivalen tersebut adalah :

Pada beban trapesium, $Q_{ek} = \frac{1}{2} q \frac{L_y}{L_x^2} (L_x^2 - \frac{1}{3} L_y^2)$ I - 1

Pada beban segi tiga, $Q_{ek} = \frac{1}{3} q L_x$ I - 2

2.2.3 Pembebanan

Adapun yang meruapakan bagian dari beban pada suatu konstruksi adalah berat bahan bangunan dan beban hidup pada lantai.adapun yang disebutkan nilai-nilai dari berat bahan bangunan dan bebanm hidup pada lantai (*Buku teknik sipil* Hal 180) yaitu :

No	Nama Material	Volume	Satuan
1	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m ³
2	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m ³
3	Kerikil (kering udara sampai lembab)	1650	Kg/m ³
4	Pasir kerikil (kering udara sampai lembab)	1850	Kg/m ³
5	Batu Pecah	1450	Kg/m ³
6	Beton	2200	Kg/m ³
7	Beton bertulang	2400	Kg/m ³
8	Pasangan batu bata	1700	Kg/m ³
9	Besi tuang	7250	Kg/m ³
10	Baja	7850	Kg/m ³

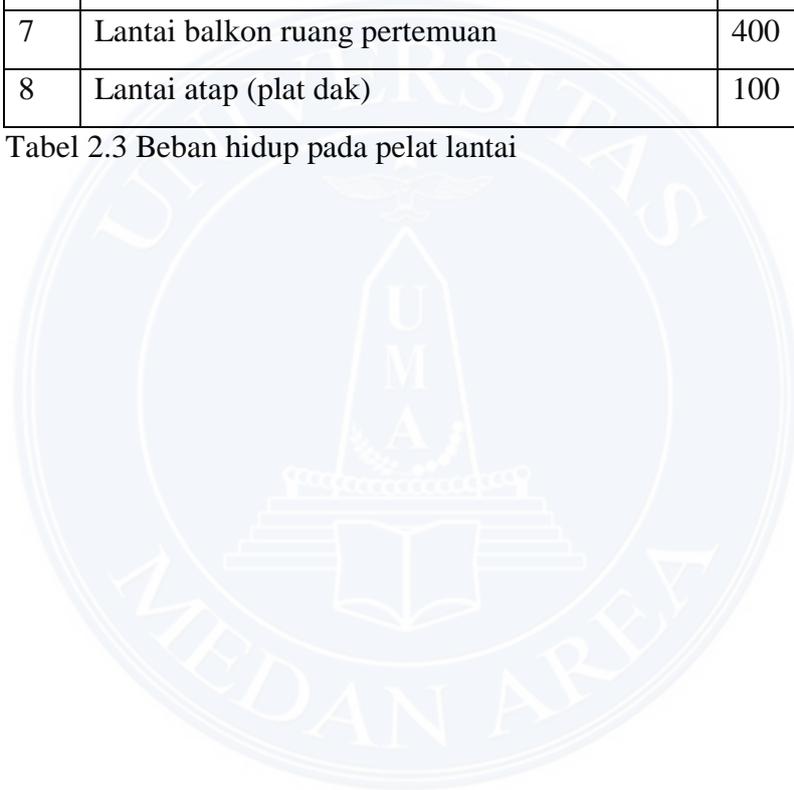
Tabel 2.1 Berat bahan bangunan

No	Nama Material	Nilai	Satuan
1	Semen asbes (t = 4 mm	11	Kg/m ²
2	Kaca (4 mm)	10	Kg/m ²
3	Penggantung langit-langit kayu jarak minimum 0,8m	7	Kg/m ²
4	Semen	21	Kg/m ²
5	Kapur, tras, semen merah	17	Kg/m ²
6	Dinding bata pasangan satu batu	450	Kg/m ²
7	Dinding bata pasangan setengah batu	250	Kg/m ²
8	Penutup lantai	24	Kg/m ²
9	Penutup atap genteng dengan reng	50	Kg/m ²
10	Penutup atap seng gelombang	10	Kg/m ²
11	Semen asbes gelombang	11	Kg/m ²

Tabel 2.2 Bagian bagian konstruksi

No	Nama Material	Nilai	Satuan
1	Lantai dan tangga rumah tinggal	200	Kg/m ²
2	Lantai dan tangga,bukan toko/rumah kerja	150	Kg/m ²
3	Lantai sekolah,ruangkuliah, kantor,toko,retoran, rumah sakit	250	Kg/m ²
4	Lantai ruang olah raga	400	Kg/m ²
5	Tangga, bordes tangga, dan gang	300	Kg/m ²
6	Lantai ruang dansa	500	Kg/m ²
7	Lantai balkon ruang pertemuan	400	Kg/m ²
8	Lantai atap (plat dak)	100	Kg/m ²

Tabel 2.3 Beban hidup pada pelat lantai



2.3 METODE TAKABEYA

5.1.1 Pengertian Metode Takabeya

Metode TAKABEYA merupakan metode yang paling sederhana dalam penggunaannya dalam perhitungan portal bertingkat dibandingkan dengan metode CROSS dan KANI. Karena metode TAKABEYA ini pada tiap – tiap titik kumpulnya hanya memerlukan satu momen persiil untuk pembesaran momen.

Metode TAKABEYA merupakan metode yang paling mudah untuk dipelajari dan dimengerti dalam waktu yang relatif singkat, demikian pula dalam perhitungan portal bertingkat banyak, diperlukan waktu yang relatif singkat juga.

Pada perhitungan konstruksi portal, telah kita kenal suatu metode yang cukup populer yaitu metode yang cukup populer,yaitu metode dari Prof.Hardy Cross yang mendasarkan pada prinsip distribusi dan induksi momen.

Untuk suatu perhitungan portal bertingkat banyak, Metode Cross ini sudah tidak praktis lagi, Karena umpamanya pada portal bertingkat sepuluh, diperlukan sepuluh macam perhitungan pembesaran momen akibat goyangan pada masing-masing tingkat dan ditambah satu macam pembesaran momen akibat muatan luar, Belum lagi pemecahan sepuluh macam bilangan akibat goyangan dan muatan luar tersebut.

Meskipun metode Cross dapat digunakan untuk perhitungan portal dengan arah pergoyangan sembarang, namun pada umumnya ditinjau dari segi ekonomis,bentuk konstruksi portal adalah konstruksi yang mempunyai satu macam arah pergoyangan yaitu pergoyangan pada arah Horizontal saja.

Pada beberapa waktu yang silam, Telah dipecahkan suatu metode untuk menyederhanakan perhitungan konstruksi portal bertingkat, yang pada mulanya kita kenal dengan metode KANI, dimana dalam metode ini

hanya diperlukan satu macam perhitungan pembesaran momen sehingga tidak lagi memerlukan pemecahan banyak persamaan dengan macam banyak macam perhitungan. Namun demikian, Masih ada suatu metode yang lebih sederhana yaitu metode TAKABEYA, yang merupakan penyederhanaan dari metode KANI.

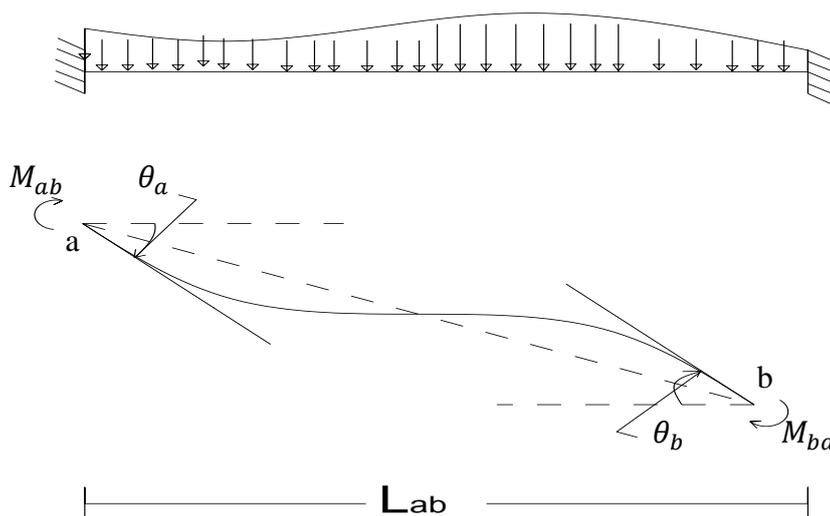
2.4 Penurunan Persamaan Struktur

Pada dasarnya didalam perhitungan konstruksi portal, perhitungan didasarkan atas anggapan-anggapan bahwa :

- Deformasi yang diakibatkan oleh gaya tekan atau tarik dan gaya geser dalam di abaikan.
- Hubungan antara balok dan kolom adalah kaku sempurna.

Sesuai dengan anggapan tersebut, pada titik kumpul dimana balok dan kolom berpotongan, batang-batang (balok dan kolom) ini dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan perputaran dan pergeseran sudut, dimana momen-momen lentur dari ujung –ujung batang dinyatakan sebagai fungsi dari perputaran sudut dan pergeseran sudut relatif dari satu ujung batang terhadap ujung batang yang lain.

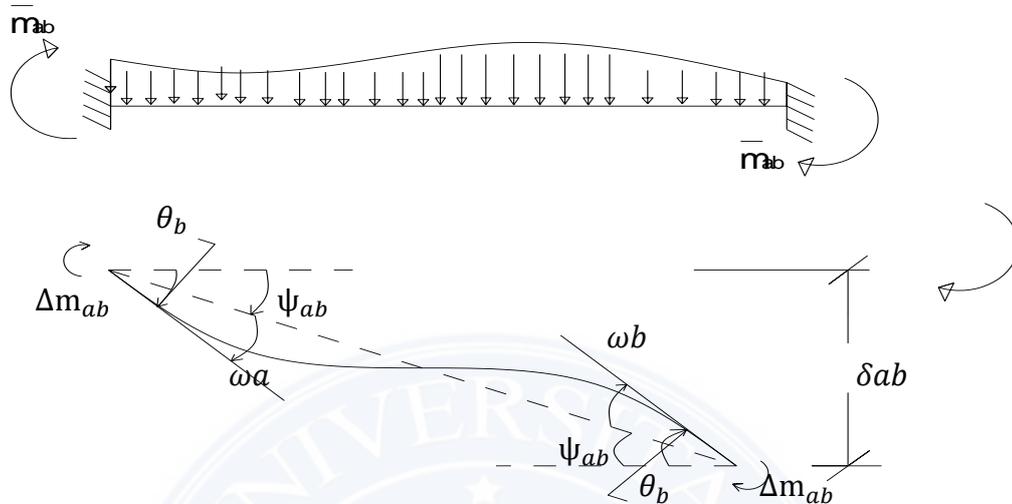
Sebagai contoh diambil batang a – b dengan pembebanan seperti tertera pada gambar berikut, dimana ujung b bergeser sejauh δ_{ab} relatif terhadap titik a. Besarnya M_{ab} dan δ_{ba} dapat dinyatakan sebagai fungsi dari perputaran sudut, yang akan diturunkan sebagai berikut :



Gambar 2.4a

Keadaan pada gambar diatas dapat diuraikan dari super posisi pada dua keadaan berikut :

$$\psi_{ab} = \frac{\delta_{ab}}{l_{ab}}$$



Gambar 2.4b

Dari super posisi diatas maka dapat dituliskan :

$$M_{ab} = \Delta M_{ab} + \bar{M}_{ab} \dots\dots\dots I - 3$$

$$M_{ba} = \Delta M_{ba} + \bar{M}_{ba} \dots\dots\dots I - 3$$

Dimana :

M_{ab} dan M_{ba} adalah besarnya momen akhir (Design momen)

\bar{M}_{ab} dan \bar{M}_{ba} adalah besarnya momen primer (Fixed and moment) dari keadaan ujung balok terjepit.

ΔM_{ab} dan ΔM_{ba} adalah berdasarkan momen koreksi akibat adanya pergeseran titik b sejauh δ_{ab} .

Catatan : Perjanjian tanda untuk momen-momen adalah ditinjau terhadap ujung batang dinyatakan positif apabila searah dengan perputaran arah jarum jam dan sebaliknya. (*BUKU TAKABEYA IR.SOETOMO, HM*)

Berdasarkan momen-momen koreksi ΔM_{ab} dan ΔM_{ba} dapat diturunkan berdasarkan prinsip persamaan perputaran sudut sebagai berikut :

1. $\theta_a = \omega_a + \psi_{ab}$
2. $\theta_b = \omega_b + \psi_{ab}$

Lihat gambar.1-2b

$$1. \theta_a = + \frac{\Delta M_{a \text{ lab}}}{3 EI_{ab}} - \frac{\Delta M_{a \text{ lab}}}{6 EI_{ab}} + \psi_{ab}$$

$$2. \theta_b = - \frac{\Delta M_{a \text{ lab}}}{6 EI_{ab}} - \frac{\Delta M_{a \text{ lab}}}{3 EI_{ab}} + \psi_{ab}$$

-----+

$$\theta_a + \theta_b = \frac{1}{2} - \frac{\Delta M_{a \text{ lab}}}{3 EI_{ab}} + 3 \psi_{ab}$$

$$\Delta M_{ab} = \frac{2 EI_{ab}}{lab} (2 \theta_a + \theta_b - 3 \psi_{ab})$$

Analog : $\Delta M_{ba} = \frac{2 EI_{ab}}{lab} (2 \theta_b + \theta_a - 3 \psi_{ab})$

Bila dinyatakan $\frac{I_{ab}}{lab} = = K_{ab}$

Maka : $\Delta M_{ab} = 2E K_{ab} \{ 2 \theta_a + \theta_b - 3 \psi_{ab} \} \dots\dots\dots 1 - 4$

$\Delta M_{ba} = 2E K_{ab} \{ 2 \theta_b + \theta_a - 3 \psi_{ab} \} \dots\dots\dots 1 - 4$

Persamaan II – 4 tersebut adalah persamaan persamaan yang cukup dikenal dalam setiap textbooks mekanika teknik, yang kemudian persamaan ini oleh TAKABEYA disederhanakan lagi sebagaimana yang akan ditunjukkan dalam persamaan – persamaan II-6 dan II-7 nantinya. Dengan demikian dari persamaan II-3 dan II-4 dapat diperoleh :

$M_{ab} = 2E K_{ab} \{ 2 \theta_a + \theta_b - 3 \psi_{ab} \} + \bar{M}_{ab} \dots\dots\dots 1 - 5$

$M_{ba} = 2E K_{ab} \{ 2 \theta_b + \theta_a - 3 \psi_{ab} \} + \bar{M}_{ba} \dots\dots\dots 1 - 5$

Persamaan 1-3 tersebut disederhanakan lagi oleh Takabeysa menjadi :

$$M_{ab} = K_{ab} \{ 2 M_a + M_b - \bar{M}_{ab} \} + \bar{M}_{ab} \quad \dots\dots\dots\text{II - 6}$$

$$M_{ab} = K_{ab} \{ 2 M_b + M_a - \bar{M}_{ba} \} + \bar{M}_{ba} \quad \dots\dots\dots\text{II - 6}$$

$$\text{Bila : } M_a = 2E K \theta_a \quad : M_b = 2E K \theta_b \quad \dots\dots\dots\text{II - 7}$$

$$\bar{M}_{ab} = -6 E K \psi_{ab} : K_{ab} = \frac{K_{ab}}{K} \quad \dots\dots\dots\text{II - 7}$$

Dimana :

K adalah suatu harga konstanta kekakuan (bukan faktor kekakuan seperti K_{ab}). K berdimensi m^3 ditentukan sebarang, sehingga M dan \bar{M} berdimensi sebagai momen yaitu ton/m.

M_a adalah disebut sebagai momen persiil akibat perputaran sudut θ_a , selanjutnya disebut momen rotasi di titik a .

M_b adalah disebut sebagai momen persiil akibat perputaran sudut θ_b , selanjutnya disebut momen rotasi di titik b .

\bar{M}_{ab} Disebut sebagai momen persiil akibat pergeseran titik b relatif terhadap titik a sejauh δ_{ab} , selanjutnya disebut momen displacemen dari batang $a-b$

Persamaan dasar II-6 disebut di atas adalah persamaan dasar yang digunakan untuk menurunkan rumus –rumus pada metode TAKABEYA.

Catatan :

Dalam meninjau setiap preebody pada setiap penurunan rumus maupun perhitungan nantinya, arah momen selalu dimisalkan searah dengan perputaran jarum jam pada tiap-tiap ujung batang dari masing-masing freebody, bila ternyata keadaan yang sebenarnya berlawanan dengan pemisalan tersebut, diberi tanda negatif (-) sesuai dengan perjanjian tanda momen. (*BUKU TAKABEYA IR.SOETOMO, HM*).

2.5 PORTAL DENGAN TITIK KUMPUL YANG TETAP

Portal dengan titik kumpul yang tetap dimaksud bahwa pada tiap-tiap titik kumpulnya hanya terjadi perputaran sudut, dan tidak terjadi pergeseran. Hal ini terjadi pada portal dimana baik balok maupun kolom – kolomnya disokong oleh perletakan tetapi pada portal syimtris baik angka – angka kekakuan maupun pembebanannya.

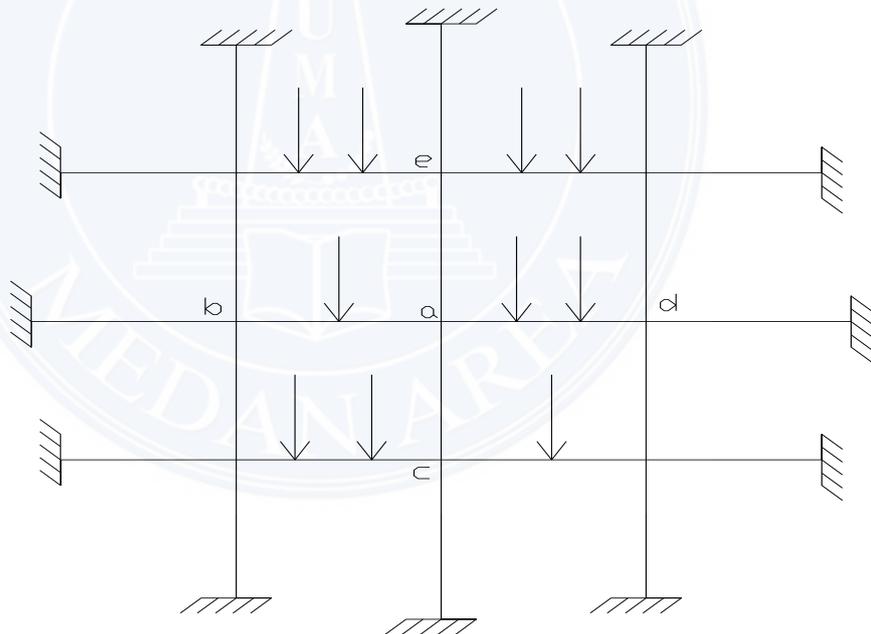
2.5.1 Penurunan Rumus

Keadaan umum

Persamaan dasar 1 – 4 :

$$M_{ab} = K_{ab} \{ 2 M_a + M_b - \bar{M}_{ab} \} + \bar{M}_{ab}$$

$$M_{ab} = K_{ab} \{ 2 M_b + M_a - \bar{M}_{ba} \} + \bar{M}_{ba}$$



Gambar 2.5

Pada portal seperti gambar diatas, dimana titik-titik kumpulnya adalah tetap , tidak terjadi pergeseran, maka harga-

harga \bar{M} pada persamaan dasar tersebut adalah = 0. Lihat persamaan II-7, $\psi_{ab} = 0$. Kita tinjau pada titik kumpul a adalah:

$$M_{ab} = K_{ab} \{ 2 M_a + M_b \} + \bar{M}_{ab} \quad \dots\dots\dots\text{II} - 8$$

$$M_{ac} = K_{ac} \{ 2 M_a + M_c \} + \bar{M}_{ac}$$

$$M_{ad} = K_{ad} \{ 2 M_a + M_d \} + \bar{M}_{ad}$$

$$M_{ae} = K_{ae} \{ 2 M_a + M_e \} + \bar{M}_{ae}$$

Keseimbangan pada titik kumpul $a \Rightarrow \sum M_a = 0$

Memberikan :

$$M_{ab} + M_{ac} + M_{ad} + M_{ae} = 0 \quad \dots\dots\dots\text{II} - 9$$

Dari persamaan II-8 dan II-9, didapat :

$$2 M_a \begin{bmatrix} K_{ab} \\ K_{ac} \\ K_{ad} \\ K_{ae} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{ab} M_b \\ K_{ac} M_c \\ K_{ad} M_d \\ K_{ae} M_e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{M}_{ab} \\ \bar{M}_{ac} \\ \bar{M}_{ad} \\ \bar{M}_{ae} \end{bmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots\text{II} - 10$$

Jika

$$2 \begin{bmatrix} K_{ab} \\ K_{ac} \\ K_{ad} \\ K_{ae} \end{bmatrix} = P_a \quad \text{dan} \quad \begin{bmatrix} \bar{M}_{ab} \\ \bar{M}_{ac} \\ \bar{M}_{ad} \\ \bar{M}_{ae} \end{bmatrix} = \tau_a \quad \dots\dots\dots\text{II} - 11a$$

Maka persamaan II-10 dapat dituliskan menjadi :

$$M_a P_a = - \tau_a + \{ -K_{ab} \} M_b \begin{matrix} \{-K_{ae}\}_{me} \\ \{-K_{ac}\}_{mc} \end{matrix} + M_d \{ -K_{ad} \}$$

Atau :

$$M_a P_a = - \frac{\tau_a}{p_a} + \{ -\gamma_{ab} \} M_b \begin{matrix} \{-\gamma_{ae}\}_{me} \\ \{-\gamma_{ac}\}_{mc} \end{matrix} + M_d \{ -\gamma_{ad} \} \quad \dots\dots\dots\text{II} - 12$$

$$\text{Dimana : } \gamma_{ab} = \frac{K_{ab}}{p_a} \quad ; \quad \gamma_{ad} = \frac{K_{ab}}{p_a} \quad \dots\dots\dots\text{II - 11b}$$

$$\gamma_{ac} = \frac{K_{ab}}{p_a} \quad ; \quad \gamma_{ae} = \frac{K_{ab}}{p_a}$$

Diagram pada persamaan II-12 dituliskan untuk memperlihatkan hubungan γ dan m pada masing-masing ujung batang di titik kumpul a. Persamaan II-12 tersebut diatas disebut persamaan momen rotasi pada titik kumpul a.

Dengan cara yang sama, pada titik kumpul yang lainnya juga dapat diturunkan persamaan-persamaan momen rotasi seperti pada persamaan II-12. Dimana index kedua diganti dengan titik-titik kumpul yang berada disebaliknya.

Langkah perhitungan dilakukan dengan pendekatan,yaitu : pada pertama-tama pada waktu meninjau/ menghitung pada satu titik kumpul misalnya,dititik a menganggap pada titik kumpul yang lain yang berseberangan dengan titik a yaitu titik b , c, d, dan e belum terjadi perputaran sudut, artinya $\theta_b = \theta_c = \theta_d = \theta_e = 0$, dengan demikian berdasarkan II-7 $M_b = M_c = M_d = M_e = 0$, dan diperoleh persamaan momen rotasi pada titik kumpul a, yaitu persamaan II-12 menjadi :

$$M_a = M_a^{(0)} = - \frac{\tau a}{p_a} \quad \dots\dots\dots\text{II - 13a}$$

Dengan jalan yang sama, pada waktu meninjau/ menghitung titik-titik kumpul yang lain, yaitu titik b, c, d, e, juga didapatkan :

$$M_b^{(0)} = - \frac{\tau b}{p_b} \quad ; \quad M_c^{(0)} = - \frac{\tau c}{p_c}$$

$$M_d^{(0)} = - \frac{\tau d}{p_d} \quad ; \quad M_e^{(0)} = - \frac{\tau e}{p_e} \quad \dots\dots\text{II - 13b}$$

Langkah selanjutnya (disebut langkah pertama), menstutitusikan harga-harga $m^{(0)}$ yang berada disebelang titik a tersebut pada persamaan II-12 kembali untuk mendapatkan harga yang disebut $m^{(1)}$ sebagai berikut :

$$M_a^{(1)} = -\frac{\tau d}{pd} + \{-\gamma ab\} mb^{(0)} \begin{matrix} \{-\gamma ae\} me^{(0)} \\ \{-\gamma ac\} mc \end{matrix} + md^{(0)} \{-\gamma ad\}$$

Atau :

$$M_a^{(1)} = -m_a^{(0)} + \{-\gamma ab\} mb^{(0)} \begin{matrix} \{-\gamma ae\} me^{(0)} \\ \{-\gamma ac\} mc \end{matrix} + md^{(0)} \{-\gamma ad\}$$

Langkah perhitungan selanjutnya dilakukan dengan menstutitusikan lagi harga $m_a^{(n)}$ kedalam persamaan II-12 tersebut, dimana ruas kanan persamaan, suku pertama adalah $m_a^{(0)}$ dan suku kedua $m_{,,,}^{(n)}$ (dengan catatan dititik kumpul yang lain juga dilakukan hal sama pada setiap langkah yang bersangkutan untuk mendapatkan harga $m_{,,,}^{(n+1)}$)

Langkah-langkah perhitungan terus dilakukan sampai menemukan hasil yang konvergen, artinya terus dilakukan perhitungan hingga dapat hasil yang sama dalam keadaan berturutan, yaitu misalnya $m_{,,,}^{(n+1)} = m_{,,,}^{(n)}$ pada masing-masing titik kumpul.

Dapat dicapainya hasil yang konvergen pada masing-masing titik kumpul, berarti telah mencapai keadaan yang sebenarnya, yaitu pada masing-masing titik kumpul tersebut telah menjadi perputaran sudut.

Setelah langkah-langkah perhitungan momen persiil ini mencapai hasil yang konvergen (hasil yang tepat) maka untuk mendapatkan besarnya momen akhir (design moment), hasil momen-momen persil ini dikembalikan pada persamaan II-8, yaitu : (dimisalkan hasil konvergensi dicapai pada langkah ke 5)

$$M_{ab} = m_{ab}^{(5)} = kab \{ 2 m_a^{(5)} + m_b^{(5)} \} + \bar{M}_{ab}$$

$$M_{ac} = m_{ac}^{(5)} = k_{ac} \{ 2 m_a^{(5)} + m_c^{(5)} \} + \bar{M}_{ac}$$

$$M_{ad} = m_{ad}^{(5)} = k_{ad} \{ 2 m_a^{(5)} + m_d^{(5)} \} + \bar{M}_{ad}$$

$$M_{ae} = m_{ae}^{(5)} = k_{ae} \{ 2 m_a^{(5)} + m_e^{(5)} \} + \bar{M}_{ae}$$

Biasanya didalam praktek perhitungan tidaklah perlu dicapai hingga hasil konvergensi yang tepat, cukup dengan koreksi apabila misalnya jumlah momen-momen design pada titik kumpul ini tidak sama dengan nol, misalnya $= \Delta M$, maka selisih ΔM ini diratakan saja sebanding dengan angka kekakuan masing-masing batang pada titik kumpul tersebut, yaitu : (dimisalkan langkah ke 3 baru mendekati hasil konvergensi)

$$M_{ab} = m_{ab}^{(3)} = \pm \frac{K_{ab}}{K_{ab} + k_{ac} + K_{ad} + k_{ae}} \times \Delta M \dots\dots\dots dst.$$

2.6 PORTAL DENGAN TITIK KUMPUL YANG BERGOYANG

Portal dengan titik kumpul yang bergoyang dimaksudkan bahwa pada masing-masing titik kumpul disamping terjadinya perputaran sudut, juga terjadi pergeseran (pergoyangan).

Pada umumnya, pada setiap perhitungan konstruksi portal bertingkat, gaya-gaya horizontal (akibat angin atau gempa dll) dianggap bekerja pada regel-regel (Pertemuan balok dan kolom tepi), sehingga dalam arah horizontal tersebut pada kolom-kolom tidak terjadi beban antara.

Didalam metode TAKABEYA ini, untuk perhitungan portal dengan konstruksi portal dengan pergoyangan satu arah, dan pada umumnya memang konstruksi portal bertingkat mempunyai bentuk yang pergoyangannya satu arah yaitu arah pergoyangan Horizontal saja.

Penurunan rumus-rumus yang berlaku umum pada metode ini, beban-beban horizontal dianggap bekerja pada regel-regel.

2.6.1 Penurunan rumus-rumus

Keadaan Umum

Persamaan dasar

$$M_{ab} = k_{ab}(M_a + M_b + \bar{M}_{ab}) + \bar{M}_{ab}$$

$$M_{ba} = k_{ba}(M_b + M_a + \bar{M}_{ba}) + \bar{M}_{ba}$$

Dimana : $M_a = 2 E K \theta_a$

$$M_b = 2 E K \theta_b$$

$$\bar{M}_{ab} = -6 E K \psi_{ab}$$

$$k_{ab} = \frac{K_{ab}}{K}$$

$K_{ab} =$ Faktor kekakuan berdimensi m^3

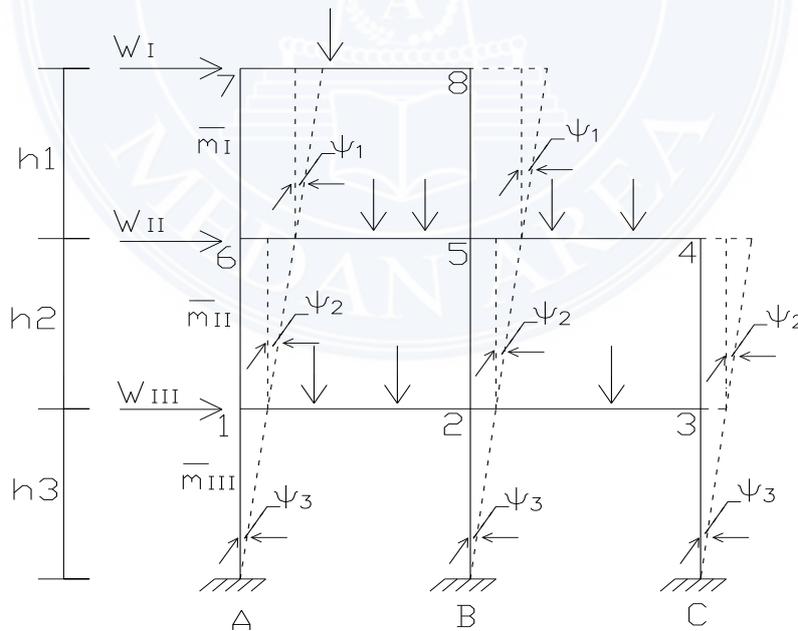
K = Konstanta kekakuan berdimensi m^3 , di tentukan sebarang.

K_{ab} =Angka kekakuan, setelah faktor kekakuan K_{ab} dibagi dengan konstanta kekakuan K , hingga K_{ab} = tidak berdimensi lagi.

m_a & m_b = Masing-masing momen rotasi yang di akibatkan oleh θ_a & θ_b .

\bar{M}_{ab} = Momen displacement yang diakibatkan oleh ψ_{ab} . m_a , m_b dan \bar{M}_{ab} berdimensi ton/m.

Peninjauan portal bertingkat dengan beban-belan horizontal yang bekerja pada regel-regel dan beban pertikal yang bekerja pada balok-balok dengan tempat sebarang seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.6a

Momen-momen displacement pada masing-masing tingkat :

$$\text{Tingkat ke I} \rightarrow \bar{M}_{1A} = \bar{M}_{2B} = \bar{M}_{3C} = \bar{M}_{III} = -6 E K \psi_3 \dots\dots\dots(\text{II- 14})$$

$$\text{Tingkat ke II} \rightarrow \bar{M}_{16} = \bar{M}_{23} = \bar{M}_{34} = \bar{M}_{II} = -6 E K \psi_2 \dots\dots\dots(\text{II- 15})$$

$$\text{Tingkat ke III} \rightarrow \bar{M}_{67} = \bar{M}_{58} = \bar{M}_I = -6 E K \psi_1 \dots\dots\dots(\text{II- 16})$$

Pada titik Kumpul (5) :

$$M_{54} = k_{54}(2 m_5 + m_4) + \bar{M}_{54} \dots\dots\dots(\text{II- 17})$$

$$m_{56} = k_{56}(2 m_5 + m_6) + \bar{M}_{56}$$

$$m_{58} = k_{58}(2 m_5 + m_8 + \bar{M}_{58})$$

$$m_{52} = k_{52}(2 m_5 + m_2 + \bar{M}_{52})$$

Keseimbangan pada titik buhul (5) $\rightarrow \sum M_5 = 0$

$$m_{54} + k_{56} + m_{58} + m_{52} = 0 \dots\dots\dots(\text{II- 18})$$

Dari persamaan-persamaan (II- 17) dan (II- 18) diperoleh :

$$2 M_5 \begin{bmatrix} k_{54} \\ k_{56} \\ k_{58} \\ k_{52} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (k_{58})(m_8 + \bar{M}_{54}) \\ (k_{56})(m_6) + (m_4)(k_{54}) \\ (k_{52})(m_2 + \bar{M}_{52}) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{M}_{54} \\ \bar{M}_{56} \end{bmatrix} = 0 \dots\dots\dots(\text{II- 19})$$

Jika :

$$2 \begin{bmatrix} k_{54} \\ k_{56} \\ k_{58} \\ k_{52} \end{bmatrix} = \rho_5 ; \quad \text{dan} \quad \begin{bmatrix} \bar{M}_{54} \\ \bar{M}_{56} \end{bmatrix} = \tau_5$$

Maka persamaan II – 19 dapat dituliskan menjadi :

$$m_5 \rho_5 = \tau_5 + \frac{(k_{58})(m_8 + \bar{M}_{58})}{(-k_{52})(m_2 + \bar{M}_{52})} + \frac{(k_{56})(m_6) + (m_4)(-k_{54})}{(-k_{52})(m_2 + \bar{M}_{52})} \quad \text{.....(II- 20)}$$

Atau :

$$m_5 = \frac{\tau_5}{\rho_5} + \frac{(-\gamma_{58})(m_8 + \bar{M}_I)}{(-\gamma_{52})(m_2 + \bar{M}_{II})} + \frac{(-\gamma_{56})(m_6) + (m_4)(-\gamma_{54})}{(-\gamma_{52})(m_2 + \bar{M}_{II})} \quad \text{.....(II- 21)}$$

Dimana :(II- 22)

$$\gamma_{58} = \frac{k_{58}}{\rho_5} ; \quad \gamma_{56} = \frac{k_{56}}{\rho_5}$$

$$\gamma_{54} = \frac{k_{54}}{\rho_5} ; \quad \gamma_{52} = \frac{k_{52}}{\rho_5}$$

Persamaan (II – 21) tersebut diatas merupakan persamaan momen rotasi, dimana langkah perhitungan untuk momen rotasi ini pertama-tama menganggap pada titik-titik kumpul yang lain belim terjadi perputaran sudut maupun pergeseran sudut, sehingga :

$$m_2 = m_4 = m_6 = m_8 = 0 \quad \text{dan} \quad \bar{M}_{52} = \bar{M}_{58} = 0$$

Dengan demikian persamaan (II-21) menjadi :

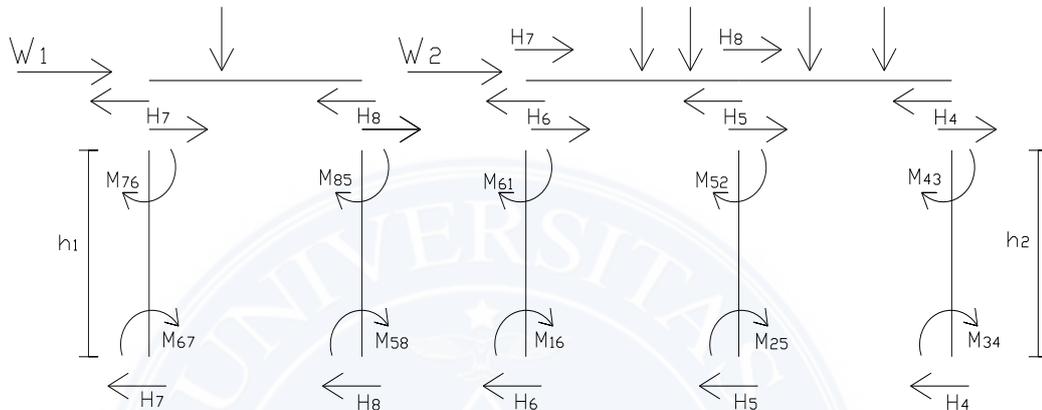
$$m_5^{(0)} = - \frac{\tau_5}{\rho_5}$$

Sementara dengan jalan yang sama pada titik kumpul yang lainnya juga dapat diperoleh :

$$m_r^{(0)} = - \frac{\tau_r}{\rho_r} \quad \text{Indeks } r \text{ adalah nomor titik kumpul} \quad \text{.....(II- 23)}$$

Selanjutnya untuk menentukan momen akibat displacement, diambil Freebody-freebody pada masing-masing tingkat sehingga rumus-rumus momen displacement tersebut dapat diturunkan.

Kita ambil keseimbangan pada freebody masing-masing kolom tingkat ke - III (paling atas) sebagai berikut : *lihat Gambar III - 2 - 6_a*



Gambar 2.6c

gambar 2.6d

$$\text{Freebody 7-8 : } \Sigma H = 0 \rightarrow W_1 = H_7 + H_8 \quad \text{.....(II - 24)}$$

$$\text{Freebody 6-7 : } \Sigma H_7 = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} M_{76} \\ M_{67} \end{bmatrix} + h_1 H_7 = 0 \quad \text{.....(II - 25a)}$$

$$\text{Freebody 7-8 : } \Sigma H_8 = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} M_{85} \\ M_{58} \end{bmatrix} + h_1 H_8 = 0 \quad \text{.....(II - 25b)}$$

Dari persamaan (II - 24), (II - 25_a) dan (II - 25_b) diperoleh :

$$\begin{bmatrix} M_{85} \\ M_{58} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M_{85} \\ M_{58} \end{bmatrix} + h_1 (W_1) = 0 \quad \text{.....(II - 26)}$$

Bila disisikan harga-harga : *lihat persamaan dasar (II - 6)*

$$M_{67} = k_{67} \{ 2 m_6 + m_7 + \bar{m}_{67} \}$$

$$\underline{M_{76} = k_{67} \{ 2 m_7 + m_6 + \bar{m}_{67} \}} +$$

$$\begin{bmatrix} M_{85} \\ M_{58} \end{bmatrix} = 3 k_{67} \{ m_6 + m_7 \} + 2 k_{67} \bar{m}_I \quad \text{.....(II - 27a)}$$

$$\begin{bmatrix} M_{85} \\ M_{58} \end{bmatrix} = 3 k_{58} \{ m_5 + m_8 \} + 2 k_{58} \bar{m}_I \quad \text{.....(III - 27b)}$$

Catatan : $\bar{m}_I = \bar{m}_{67} = \bar{m}_{58}$ (lihat persamaan II - 16)

Dari persamaan (II - 27a) dan (II - 27b), maka pada persamaan (II - 26) dapat dituliskan menjadi :

$$[3 k_{67} \{ m_6 + m_7 \} + 2 k_{67} \bar{m}_I] + [3 k_{58} \{ m_5 + m_8 \} + 2 k_{58} \bar{m}_I] = h_1 (W_1)$$

Atau :

$$2 \bar{m}_I \begin{bmatrix} k_{67} \\ k_{58} \end{bmatrix} = h_1 (W_1) + \{-3 k_{67}\} \{ m_6 + m_7 \} + \{-3 k_{58}\} \{ m_5 + m_8 \} \quad \text{.....(II - 28)}$$

Jika :

$$2 \begin{bmatrix} k_{67} \\ k_{58} \end{bmatrix} = T_1 \quad \text{dan} \quad \frac{3 k_{67}}{T_1} = t_{67} \quad \text{.....(II - 29)}$$

$$\frac{3 k_{58}}{T_1} = t_{58}$$

Maka persamaan (II - 28) dapat dituliskan menjadi :

$$\bar{m}_I = - \frac{h_1 \{ W_1 \}}{T_1} + \{- t_{67}\} \{ m_6 + m_7 \} + \{- t_{58}\} \{ m_5 + m_8 \} \quad \text{.....(II - 30)}$$

Persamaan (II - 30) tersebut diatas disebut persamaan momen displacement pada tingkat ke - III (paling atas).

Langkah perhitungan untuk momen displacement ini dilakukan pertama-tama dengan menganggap pada titik-titik kumpul belum terjadi

perputaran sudut, sehingga persamaan (III – 17) menjadi : $m_5 = m_6 = m_7 = m_8 = 0$

$$\bar{m}_I^{(0)} = - \frac{h_1 \{W_1\}}{T_I} \dots\dots\dots(\text{II} - 31)$$

Selanjutnya untuk tingkat ke – II dapat diturunkan persamaan momen displacement sebagai berikut :

Tinjau freebody pada tingkat ke – II (lihat gambar 2 – 6b)

Freebody 4 – 5 – 6 (balok) $\rightarrow \Sigma H = 0$ diperoleh :

$$H_7 + H_8 + W_2 = H_6 + H_5 + H_4 \dots\dots\dots(\text{II} - 32)$$

$$W_1 + W_2 = H_6 + H_5 + H_4$$

Jumlah keseimbangan momen pada freebody kolom 1 – 6 – 2 – 5 dan 3 – 4 yaitu :

$$[\Sigma M_6 = 0] + [\Sigma M_5 = 0] + [\Sigma M_4 = 0]$$

Maka akan memberikan : (lihat persamaan II – 26)

$$\begin{bmatrix} k_{16} \\ k_{61} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{25} \\ k_{52} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{34} \\ k_{43} \end{bmatrix} + h_2 \{H_6 + H_5 + H_4\} = 0$$

Atau : (dari persamaan II – 30)

$$\begin{bmatrix} k_{16} \\ k_{61} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{25} \\ k_{52} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{34} \\ k_{43} \end{bmatrix} + h_2 \{W_1 + W_2\} = 0 \dots\dots\dots(\text{II} - 33)$$

Dengan jalan yang sama seperti pada penurunan rumus / persamaan (II – 28), maka persamaan (II – 33) tersebut memberikan :

$$[3 k_{16} \{m_1 + m_6\} + 2 k_{16} \bar{m}_{II}] + [3 k_{25} \{m_2 + m_5\} + 2 k_{25} \bar{m}_{II}] + [3 k_{34} \{m_3 + m_4\} + 2 k_{34} \bar{m}_{II}] = -h_2 \{W_1 + W_2\}$$

Atau : (lihat persamaan (II – 30))

$$2 \bar{m}_{II} \begin{bmatrix} k_{16} \\ k_{25} \\ k_{34} \end{bmatrix} = -h_2 \{ W_1 + W_2 \} + 3 k_{16} \{ m_1 + m_6 \} \quad \dots\dots(II - 34)$$

$$+ 3 k_{25} \{ m_2 + m_5 \}$$

$$+ 3 k_{34} \{ m_3 + m_4 \}$$

Jika :

$$\frac{3 k_{16}}{T_{II}} = t_{16}$$

$$2 \begin{bmatrix} k_{16} \\ k_{25} \\ k_{34} \end{bmatrix} = T_{II} \text{ dan } \frac{3 k_{25}}{T_{II}} = t_{25} \quad \dots\dots(III - 35)$$

$$\frac{3 k_{34}}{T_{II}} = t_{34}$$

Maka persamaan (II – 34) dapat dituliskan menjadi :

$$\bar{m}_{II} = - \frac{h_2 \{ W_1 + W_2 \}}{T_{II}} + (-t_{16}) \{ m_1 + m_6 \} \quad \dots\dots(II - 36)$$

$$+ (-t_{25}) \{ m_2 + m_5 \}$$

$$+ (-t_{34}) \{ m_3 + m_4 \}$$

Langkah perhitungan untuk momen displacement pada tingkat ke – II ini, pertama – tama dengan mengggap bahwa pada titik – titik kumpul belum terjadi perputaran sudut $(m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m_5 = m_6 = 0)$, sehingga persamaan (III – 23) menjadi :

$$\bar{m}_{II}^{(0)} = - \frac{h_2 \{ W_1 + W_2 \}}{T_{II}} \quad \dots\dots(II - 36)$$

Dengan jalan yang sama pada setiap tingkat dapat diturunkan harga – harga $\bar{m}_R^{(0)}$, begitu juga harga – harga $m_r^{(0)}$ pada tiap titik kumpul.

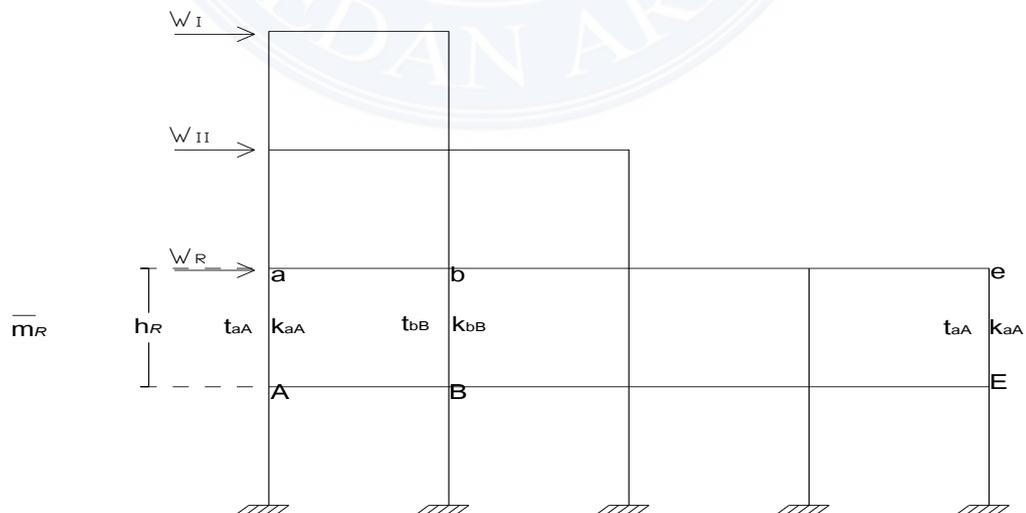
Selanjutnya langkah perhitungan dilakukan dengan menstubtitusikan harga $\bar{m}_R^{(0)}$ dan $m_r^{(0)}$ tersebut kedalam persamaan – persamaan momen

rotasi dan momen displacement seperti yang akan ditunjukkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_5^{(1)} &= \frac{\tau_5}{\rho_5} + \{-\gamma_{58}\}\{m_8^{(0)} + \bar{m}_{58}^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-\gamma_{54}\}\{m_4^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-\gamma_{56}\}\{m_6^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-\gamma_{52}\}\{m_2^{(0)} + \bar{m}_1^{(0)}\} \\
 &= m_5^{(0)} + \{-\gamma_{58}\}\{m_8^{(0)} + \bar{m}_1^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-\gamma_{54}\}\{m_4^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-\gamma_{56}\}\{m_6^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-\gamma_{52}\}\{m_2^{(0)} + \bar{m}_{II}^{(0)}\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{m}_1^{(1)} &= -\frac{h_1\{W_1\}}{T_1} + \{-t_{67}\}\{m_6^{(0)} + m_7^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-t_{58}\}\{m_5^{(0)} + m_8^{(0)}\} \\
 &= \bar{m}_1^{(0)} + \{-t_{67}\}\{m_6^{(0)} + m_7^{(0)}\} \\
 &\quad + \{-t_{58}\}\{m_5^{(0)} + m_8^{(0)}\}
 \end{aligned}$$

Secara umum persamaan momen displacement dapat dituliskan sebagai berikut :



Gambar 2.6e

$$\bar{m}_R = - \frac{\sum_{n=1}^{n=R} h_R W_n}{T_R} + \{-t_{aA}\} \begin{bmatrix} m_a \\ m_A \end{bmatrix} + \{-t_{bB}\} \begin{bmatrix} m_b \\ m_B \end{bmatrix} \dots\dots\dots(\text{II} - 37)$$

$$+ \dots\dots\dots + \{-t_{eE}\} \begin{bmatrix} m_e \\ m_E \end{bmatrix}$$

Dimana :

$$T_R = 2\{k_{aA} + k_{bB} + \dots\dots\dots + k_{eE}\}$$

$$T_{aA} = 3 \frac{k_{aA}}{T_R} ; \dots\dots\dots ; t_{eE} = 3 \frac{k_{aA}}{T_R}$$



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Mei bertempat di Jl.Pasar IX. Kec.Percut Sei Tuan. Deli Serdang

3.2 Rancangan penelitian

Rancangan penelitian yang akan di gunakan dalam penelitian ini berupa studi literatur yaitu mencari dan mempelajari pustaka yang berhubungan dengan perhitungan struktur bangunan MITRA MEDIKA TEMBUANG berupa data, buku dan gambar mengenai bangunan struktur tersebut.

3.3 Pelaksanaan penelitian

Skripsi ini disusun dalam ruang lingkup pekerjaan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Mengumpulkan bahan-bahan atau teori-teori dari beberapa buku yang berhubungan dengan pengerjaan skripsi.

2. Pengumpulan data

Mengambil data-data yang terdiri dari data primer merupakan data yang di peroleh dengan mengadakan kunjungan langsung ke lokasi studi sehingga diperoleh mondisi eksisting pembangunan gedung tersebut. Data skunder merupakan data yang diperoleh dari proyek pembangunan Mitra Medika Tembung.adapun data sekunder tersebut adalah Gambar kerja.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan diatas penulis mengambil kesimpulan bahwa struktur Gedung Rumah Sakit Mitra Medika Tembung merupakan struktur gedung yang aman dalam penggunaan sebagai gedung Rumah Sakit karena dari hasil perhitungan yang telah dilakukan mendapatkan hasil ($\Delta M = 0$) atau mendekati Nol(0). Sebagai salah satu dari titik kumpul di tampilkan sebagai berikut :

Titik kumpul (1)

$$M_{1-E} = +1,6178 \quad \text{tm}$$

$$M_{1-A} = +9,1154 \quad \text{tm}$$

$$M_{1-6} = +9,1154 \quad \text{tm}$$

$$M_{1-2} = \underline{-19,8486} + \text{tm}$$

$$\Delta M_1 = 0 \quad \text{tm}$$

Metode Takabeya cukup praktis digunakan dalam praktek perhitungan struktur portal karena Takabeya hanya memerlukan satu momen persill untuk pemberesan momen persillnya. Didalam Metode Takabeya, hasil perhitungan struktur portal bertingkat yang dikatakan aman apabila hasil perhitungan designt moment (momen akhir) manunjukkan ($\Delta M = 0$) atau mendekati Nol(0).

5.2 Saran

Dalam perhitungan struktur portal dengan menggunakan metode takabeya seharusnya lebih hati-hati dalam memasukkan data-data rencana yang telah didapat dilapangan karena apabila salah dalam memasukkan data maka hasil perhitungan akan salah pula, karena data rencana merupakan data inti dan data rencana ini yang akan menghasilkan angka-angka penting yang saling berkaitan satu samalain di antara tahapan-tahapan perhitungan struktur portal mulai dari pembagian beban, perhitungan pembebanan, hingga penggunaan perhitungan dengan metode takabeya pada nantinya.

Pada perhitungan portal bertingkat tinggi seharusnya perhitungannya dilakukan dengan menggunakan software seperti SAP 2000 karena hasil yang diperoleh dengan menggunakan software akan lebih sempurna dibandingkan dengan cara manual seperti dalam karya tulis ini karena dengan cara manual kemungkinan akan terjadi kejadian yang tidak di inginkan seperti, kesalahan pengkalkulasian, kesalahan penulisan hasil, kekeliruan dalam membaca dan sebagainya yang mungkin akan terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

SOETOMO HM 1981 Perhitungan Portal Bertingkat, Bagian kesatu Cetakan ketiga, TAKABEYA. *ex Dosen Luar biasa departemen Sipil Fakultas teknik dan perencanaan* Institiut Teknologi Bandung (ITB).

SOETOMO HM 1981 Perhitungan Portal Bertingkat, Bagian kedua Cetakan ketiga, TAKABEYA. *ex Dosen Luar biasa departemen Sipil Fakultas teknik dan perencanaan* Institiut Teknologi Bandung (ITB).

V Sunggono K.H. 1995. Teknik Sipil. NOVA, Bandung.

Departemen pekerjaan umum. 2002. *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03 – 2847 – 2002)*, Bandung.

Soemono.R. 1953. *Ilmu gajah (bangunan-bangunan statis tak tentu)*. Djambatan, Jakarta/Amsterdam.

Vis. W. C, Kusuma Gideon H. 1994. *Dasar-dasar perencanaan beton bertulang*. Erlangga, Jakarta.

Departemen pekerjaan umum, 2002. *Tata cara perhitungan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 03 – 1729 – 2002)*, Bandung.

Direktorat Penyelidikan Bangunan. (*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung 1983*), bandung.

Badan Standar Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.*(SNI 03-2847-2002.)

Departemen PU; 1987; *Pedoman Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987*, Yayasan Penerbit PU; Jakarta.

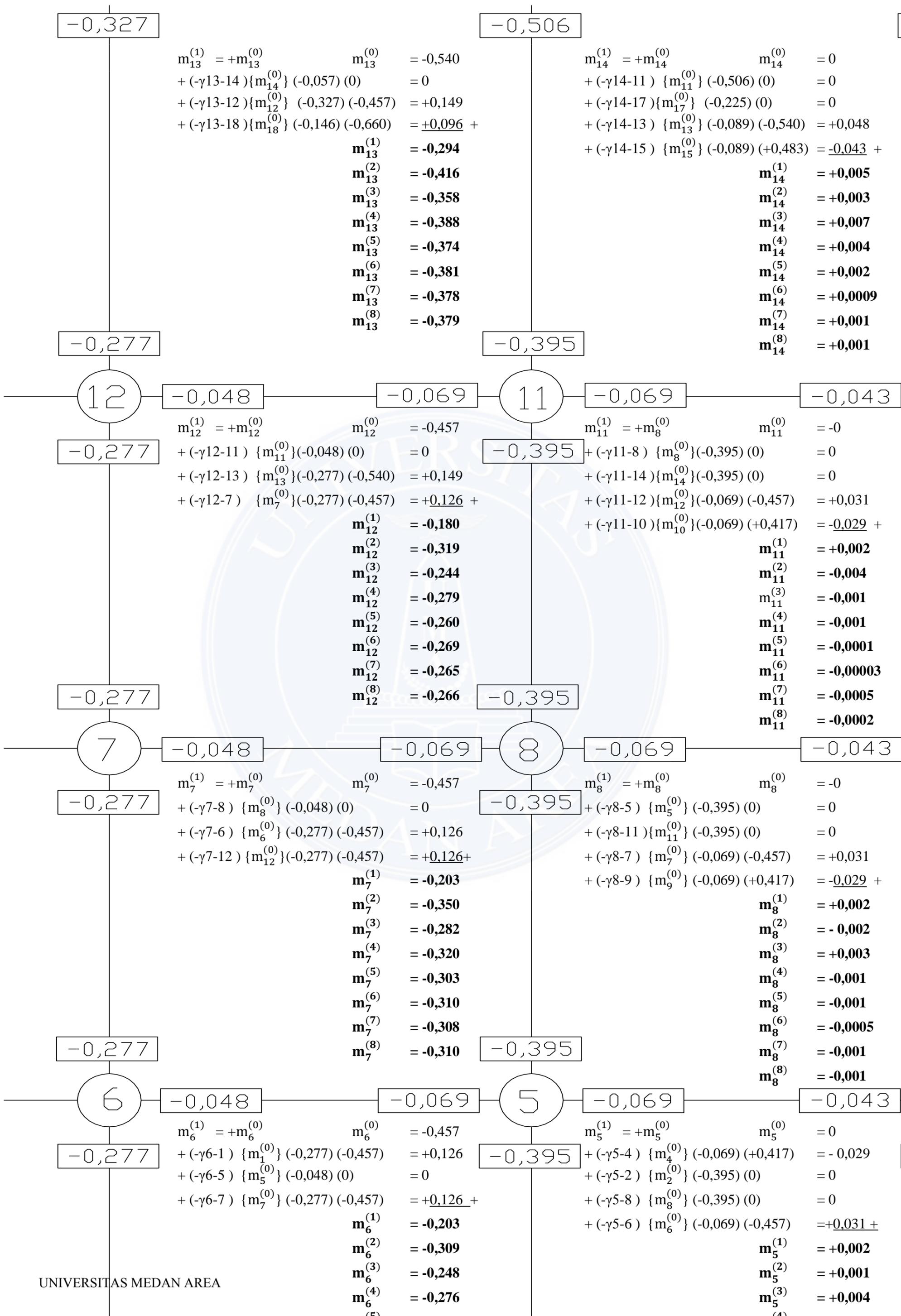
Dipohusodo & Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Soemono, 1993. *Ilmu Gaya Bangunan-bangunan Statis Tak Tertentu*. Djambatan. Jakarta.

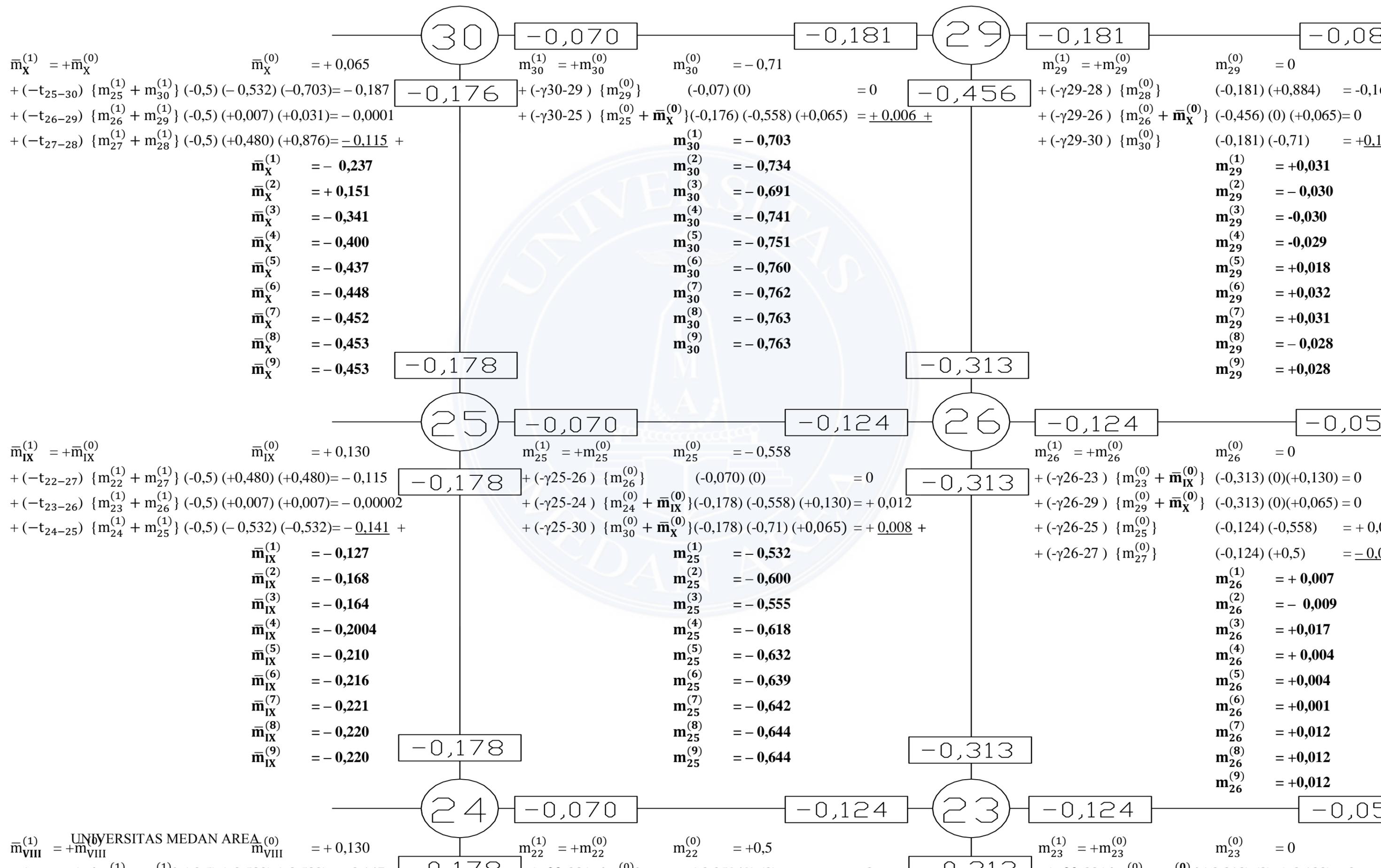
Wang, C.K. 1990. *Analisa Struktur Lanjutan*. Terjemahan Wirawan Kusuma, Nataprawira Mulyadi. Erlangga. Jakarta.

BAGAN SKEMA PEMBERESAN MOMEN PERSIIL PORTAL Y.





BAGAN SKEMA PEMBERESAN MOMEN PERSIIL DAN MOMEN DISPLACEMENT



$$+ (-t_{17-20}) \{m_{17}^{(1)} + m_{20}^{(1)}\} (-0,5) (+0,007) (+0,007) = -0,00002$$

$$+ (-t_{18-19}) \{m_{18}^{(1)} + m_{19}^{(1)}\} (-0,5) (-0,532) (-0,532) = -0,141 +$$

- $\bar{m}_{VII}^{(1)} = -0,127$
- $\bar{m}_{VII}^{(2)} = -0,174$
- $\bar{m}_{VII}^{(3)} = -0,181$
- $\bar{m}_{VII}^{(4)} = -0,190$
- $\bar{m}_{VII}^{(5)} = -0,191$
- $\bar{m}_{VII}^{(6)} = -0,221$
- $\bar{m}_{VII}^{(7)} = -0,198$
- $\bar{m}_{VII}^{(8)} = -0,197$
- $\bar{m}_{VII}^{(9)} = -0,196$

$$+ (-\gamma_{19-18}) \{m_{18}^{(0)} + \bar{m}_{VII}^{(0)}\} (-0,178) (-0,558) (+0,130) = +0,012$$

$$+ (-\gamma_{19-24}) \{m_{24}^{(0)} + \bar{m}_{VIII}^{(0)}\} (-0,178) (-0,558) (+0,130) = +0,012 +$$

- $m_{19}^{(1)} = -0,532$
- $m_{19}^{(2)} = -0,582$
- $m_{19}^{(3)} = -0,593$
- $m_{19}^{(4)} = -0,597$
- $m_{19}^{(5)} = -0,598$
- $m_{19}^{(6)} = -0,662$
- $m_{19}^{(7)} = -0,606$
- $m_{19}^{(8)} = -0,602$
- $m_{19}^{(9)} = -0,601$

$$+ (-\gamma_{20-23}) \{m_{23}^{(0)} + \bar{m}_{VIII}^{(0)}\} (-0,313) (0) (+0,130) = 0$$

$$+ (-\gamma_{20-19}) \{m_{19}^{(0)}\} (-0,124) (-0,558) = +0,0$$

$$+ (-\gamma_{20-21}) \{m_{21}^{(0)}\} (-0,124) (+0,5) = -0,0$$

- $m_{20}^{(1)} = +0,007$
- $m_{20}^{(2)} = -0,006$
- $m_{20}^{(3)} = +0,008$
- $m_{20}^{(4)} = +0,009$
- $m_{20}^{(5)} = +0,009$
- $m_{20}^{(6)} = +0,011$
- $m_{20}^{(7)} = +0,012$
- $m_{20}^{(8)} = +0,010$
- $m_{20}^{(9)} = +0,010$

$$\bar{m}_{VI}^{(1)} = +\bar{m}_{VI}^{(0)} \quad \bar{m}_{VI}^{(0)} = +0,130$$

$$+ (-t_{13-18}) \{m_{13}^{(1)} + m_{18}^{(1)}\} (-0,5) (-0,538) (-0,532) = -0,143$$

$$+ (-t_{14-17}) \{m_{14}^{(1)} + m_{17}^{(1)}\} (-0,5) (+0,005) (+0,007) = -0,00001$$

$$+ (-t_{15-16}) \{m_{15}^{(1)} + m_{16}^{(1)}\} (-0,5) (+0,498) (+0,480) = -0,119 +$$

- $\bar{m}_{VI}^{(1)} = -0,133$
- $\bar{m}_{VI}^{(2)} = -0,123$
- $\bar{m}_{VI}^{(3)} = -0,210$
- $\bar{m}_{VI}^{(4)} = -0,214$
- $\bar{m}_{VI}^{(5)} = -0,219$
- $\bar{m}_{VI}^{(6)} = -0,219$
- $\bar{m}_{VI}^{(7)} = -0,268$
- $\bar{m}_{VI}^{(8)} = -0,229$
- $\bar{m}_{VI}^{(9)} = -0,230$

$$m_{18}^{(1)} = +m_{18}^{(0)} \quad m_{18}^{(0)} = -0,558$$

$$+ (-\gamma_{18-17}) \{m_{17}^{(0)}\} (-0,070) (0) = 0$$

$$+ (-\gamma_{18-13}) \{m_{13}^{(0)} + \bar{m}_{VI}^{(0)}\} (-0,178) (-0,558) (+0,130) = +0,012$$

$$+ (-\gamma_{18-19}) \{m_{19}^{(0)} + \bar{m}_{VII}^{(0)}\} (-0,178) (-0,558) (+0,130) = +0,012 +$$

- $m_{18}^{(1)} = -0,532$
- $m_{18}^{(2)} = -0,583$
- $m_{18}^{(3)} = -0,585$
- $m_{18}^{(4)} = -0,600$
- $m_{18}^{(5)} = -0,603$
- $m_{18}^{(6)} = -0,604$
- $m_{18}^{(7)} = -0,610$
- $m_{18}^{(8)} = -0,611$
- $m_{18}^{(9)} = -0,607$

$$m_{17}^{(1)} = +m_{17}^{(0)} \quad m_{17}^{(0)} = 0$$

$$+ (-\gamma_{17-14}) \{m_{14}^{(0)} + \bar{m}_{VI}^{(0)}\} (-0,313) (0) (+0,130)$$

$$+ (-\gamma_{17-20}) \{m_{20}^{(0)} + \bar{m}_{VII}^{(0)}\} (-0,313) (0) (+0,130)$$

$$+ (-\gamma_{17-16}) \{m_{16}^{(0)}\} (-0,124) (+0,5)$$

$$+ (-\gamma_{17-18}) \{m_{18}^{(0)}\} (-0,124) (-0,558)$$

- $m_{17}^{(1)} = +0,007$
- $m_{17}^{(2)} = +0,006$
- $m_{17}^{(3)} = +0,007$
- $m_{17}^{(4)} = +0,009$
- $m_{17}^{(5)} = +0,011$
- $m_{17}^{(6)} = +0,009$
- $m_{17}^{(7)} = +0,011$
- $m_{17}^{(8)} = +0,010$
- $m_{17}^{(9)} = +0,010$

$$\bar{m}_V^{(1)} = +\bar{m}_V^{(0)} \quad \bar{m}_V^{(0)} = +0,047$$

$$+ (-t_{10-15}) \{m_{10}^{(1)} + m_{15}^{(1)}\} (-0,5) (+0,488) (+0,498) = -0,121$$

$$+ (-t_{11-14}) \{m_{11}^{(1)} + m_{14}^{(1)}\} (-0,5) (+0,004) (+0,005) = -0,00001$$

$$+ (-t_{12-13}) \{m_{12}^{(1)} + m_{13}^{(1)}\} (-0,5) (-0,543) (-0,538) = -0,146 +$$

- $\bar{m}_V^{(1)} = -0,221$
- $\bar{m}_V^{(2)} = -0,223$
- $\bar{m}_V^{(3)} = -0,324$
- $\bar{m}_V^{(4)} = -0,339$

$$m_{13}^{(1)} = +m_{13}^{(0)} \quad m_{13}^{(0)} = -0,558$$

$$+ (-\gamma_{13-14}) \{m_{14}^{(0)}\} (-0,057) (0) = 0$$

$$+ (-\gamma_{13-12}) \{m_{12}^{(0)} + \bar{m}_V^{(0)}\} (-0,327) (-0,558) (+0,047) = +0,008$$

$$+ (-\gamma_{13-18}) \{m_{18}^{(0)} + \bar{m}_{VI}^{(0)}\} (-0,146) (-0,558) (+0,130) = +0,010 +$$

- $m_{13}^{(1)} = -0,538$
- $m_{13}^{(2)} = -0,389$
- $m_{13}^{(3)} = -0,614$
- $m_{13}^{(4)} = -0,644$

$$m_{14}^{(1)} = +m_{14}^{(0)} \quad m_{14}^{(0)} = 0$$

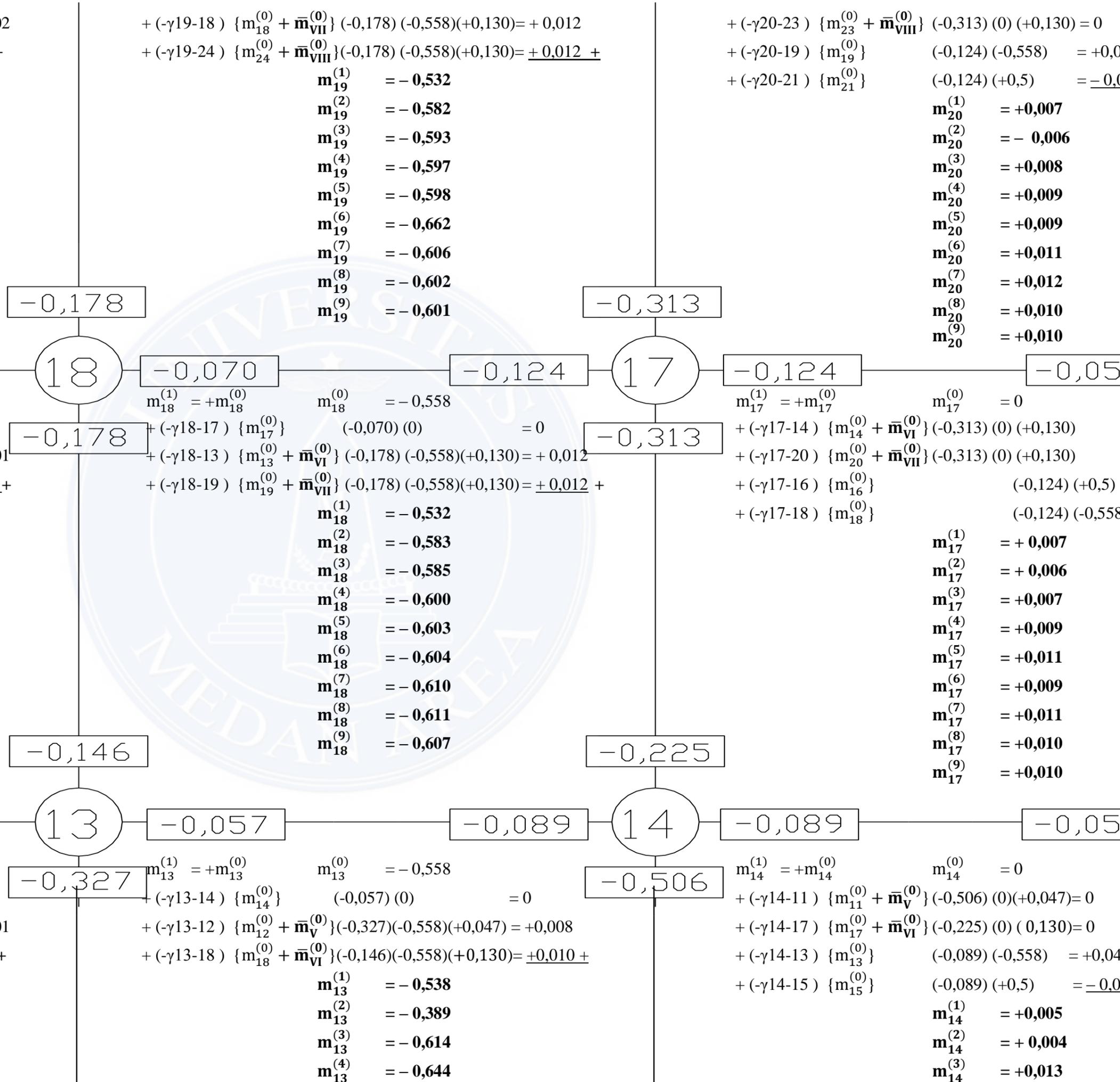
$$+ (-\gamma_{14-11}) \{m_{11}^{(0)} + \bar{m}_V^{(0)}\} (-0,506) (0) (+0,047) = 0$$

$$+ (-\gamma_{14-17}) \{m_{17}^{(0)} + \bar{m}_{VI}^{(0)}\} (-0,225) (0) (+0,130) = 0$$

$$+ (-\gamma_{14-13}) \{m_{13}^{(0)}\} (-0,089) (-0,558) = +0,04$$

$$+ (-\gamma_{14-15}) \{m_{15}^{(0)}\} (-0,089) (+0,5) = -0,0$$

- $m_{14}^{(1)} = +0,005$
- $m_{14}^{(2)} = +0,004$
- $m_{14}^{(3)} = +0,013$



$$\begin{aligned} \bar{m}_{IV}^{(5)} &= -0,376 \\ \bar{m}_{IV}^{(6)} &= -0,383 \\ \bar{m}_{IV}^{(7)} &= -0,387 \\ \bar{m}_{IV}^{(8)} &= -0,390 \\ \bar{m}_{IV}^{(9)} &= -0,390 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{12}^{(5)} &= -0,687 \\ m_{12}^{(6)} &= -0,693 \\ m_{12}^{(7)} &= -0,697 \\ m_{12}^{(8)} &= -0,699 \\ m_{12}^{(9)} &= -0,701 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{11}^{(4)} &= +0,006 \\ m_{11}^{(5)} &= +0,007 \\ m_{11}^{(6)} &= +0,008 \\ m_{11}^{(7)} &= +0,009 \\ m_{11}^{(8)} &= +0,008 \\ m_{11}^{(9)} &= +0,008 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{m}_{III}^{(1)} &= +\bar{m}_{III}^{(0)} \\ +(-t_{4-9}) \{m_4^{(1)} + m_9^{(1)}\} &(-0,5) (+0,489) (+0,489) = -0,119 \\ +(-t_{5-8}) \{m_5^{(1)} + m_8^{(1)}\} &(-0,5) (+0,004) (+0,004) = 0 \\ +(-t_{6-7}) \{m_6^{(1)} + m_7^{(1)}\} &(-0,5) (-0,544) (-0,544) = -0,148 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{m}_{III}^{(0)} &= +0,044 \\ \bar{m}_{III}^{(1)} &= -0,223 \\ \bar{m}_{III}^{(2)} &= -0,305 \\ \bar{m}_{III}^{(3)} &= -0,343 \\ \bar{m}_{III}^{(4)} &= -0,361 \\ \bar{m}_{III}^{(5)} &= -0,372 \\ \bar{m}_{III}^{(6)} &= -0,379 \\ \bar{m}_{III}^{(7)} &= -0,383 \\ \bar{m}_{III}^{(8)} &= -0,386 \\ \bar{m}_{III}^{(9)} &= -0,387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_7^{(1)} &= +m_7^{(0)} \\ +(-\gamma_{7-8}) \{m_8^{(0)}\} &(-0,048) (0) = 0 \\ +(-\gamma_{7-6}) \{m_6^{(0)} + \bar{m}_{III}^{(0)}\} &(-0,277) (-0,558) (+0,044) = +0,006 \\ +(-\gamma_{7-12}) \{m_{12}^{(0)} + \bar{m}_{IV}^{(0)}\} &(-0,277) (-0,558) (+0,044) = +0,006 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_7^{(0)} &= -0,558 \\ m_7^{(1)} &= -0,544 \\ m_7^{(2)} &= -0,625 \\ m_7^{(3)} &= -0,664 \\ m_7^{(4)} &= -0,679 \\ m_7^{(5)} &= -0,694 \\ m_7^{(6)} &= -0,700 \\ m_7^{(7)} &= -0,704 \\ m_7^{(8)} &= -0,708 \\ m_7^{(9)} &= -0,708 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_8^{(1)} &= +m_8^{(0)} \\ +(-\gamma_{8-5}) \{m_5^{(0)} + \bar{m}_{III}^{(0)}\} &(-0,395) (0) (+0,044) = 0 \\ +(-\gamma_{8-11}) \{m_{11}^{(0)} + \bar{m}_{IV}^{(0)}\} &(-0,395) (0) (+0,044) = 0 \\ +(-\gamma_{8-7}) \{m_7^{(0)}\} &(-0,069) (-0,558) = +0,03 \\ +(-\gamma_{8-9}) \{m_9^{(0)}\} &(-0,069) (+0,5) = -0,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_8^{(0)} &= -0 \\ m_8^{(1)} &= +0,004 \\ m_8^{(2)} &= +0,004 \\ m_8^{(3)} &= +0,005 \\ m_8^{(4)} &= +0,006 \\ m_8^{(5)} &= +0,007 \\ m_8^{(6)} &= +0,007 \\ m_8^{(7)} &= +0,008 \\ m_8^{(8)} &= +0,007 \\ m_8^{(9)} &= +0,008 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{m}_{II}^{(1)} &= +\bar{m}_{II}^{(0)} \\ +(-t_{1-6}) \{m_1^{(1)} + m_6^{(1)}\} &(-0,5) (-0,557) (-0,544) = -0,151 \\ +(-t_{2-5}) \{m_2^{(1)} + m_5^{(1)}\} &(-0,5) (+0,004) (+0,004) = 0 \\ +(-t_{3-4}) \{m_3^{(1)} + m_4^{(1)}\} &(-0,5) (+0,489) (+0,489) = -0,119 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{m}_{II}^{(0)} &= +0,044 \\ \bar{m}_{II}^{(1)} &= -0,227 \\ \bar{m}_{II}^{(2)} &= -0,288 \\ \bar{m}_{II}^{(3)} &= -0,313 \\ \bar{m}_{II}^{(4)} &= -0,326 \\ \bar{m}_{II}^{(5)} &= -0,331 \\ \bar{m}_{II}^{(6)} &= -0,335 \\ \bar{m}_{II}^{(7)} &= -0,338 \\ \bar{m}_{II}^{(8)} &= -0,341 \\ \bar{m}_{II}^{(9)} &= -0,336 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_6^{(1)} &= +m_6^{(0)} \\ +(-\gamma_{6-1}) \{m_1^{(0)} + \bar{m}_{II}^{(0)}\} &(-0,277) (-0,558) (+0,044) = +0,006 \\ +(-\gamma_{6-5}) \{m_5^{(0)}\} &(-0,048) (0) = 0 \\ +(-\gamma_{6-7}) \{m_7^{(0)} + \bar{m}_{III}^{(0)}\} &(-0,277) (-0,558) (+0,044) = +0,006 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_6^{(0)} &= -0,558 \\ m_6^{(1)} &= -0,544 \\ m_6^{(2)} &= -0,627 \\ m_6^{(3)} &= -0,660 \\ m_6^{(4)} &= -0,676 \\ m_6^{(5)} &= -0,682 \\ m_6^{(6)} &= -0,689 \\ m_6^{(7)} &= -0,692 \\ m_6^{(8)} &= -0,693 \\ m_6^{(9)} &= -0,694 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_5^{(1)} &= +m_5^{(0)} \\ +(-\gamma_{5-4}) \{m_4^{(0)}\} &(-0,069) (+0,5) = -0,03 \\ +(-\gamma_{5-2}) \{m_2^{(0)} + \bar{m}_{II}^{(0)}\} &(-0,395) (0) (+0,044) = 0 \\ +(-\gamma_{5-8}) \{m_8^{(0)} + \bar{m}_{III}^{(0)}\} &(-0,395) (0) (+0,044) = 0 \\ +(-\gamma_{5-6}) \{m_6^{(0)}\} &(-0,069) (-0,558) = +0,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_5^{(0)} &= 0 \\ m_5^{(1)} &= +0,004 \\ m_5^{(2)} &= +0,008 \\ m_5^{(3)} &= +0,003 \\ m_5^{(4)} &= +0,003 \\ m_5^{(5)} &= +0,003 \\ m_5^{(6)} &= +0,003 \\ m_5^{(7)} &= +0,003 \\ m_5^{(8)} &= +0,003 \\ m_5^{(9)} &= +0,003 \end{aligned}$$

-0,277

-0,395

-0,048

-0,069

-0,069

-0,04

-0,277

-0,395

-0,277

-0,395

-0,048

-0,069

-0,069

-0,04

-0,277

-0,395

-0,277

-0,395

-0,048

-0,069

-0,069

-0,04