

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Pada bab ini diberikan informasi berupa langkah-langkah yang diambil pada penelitian ini. Langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan data

a. Data Struktur Gedung

Dalam penelitian ini data didapatkan dari perencanaan struktur gedung. Data yang dikumpulkan adalah DED (*Detail Engineering Design*) merupakan denah bangunan, denah kolom, balok, dan berupa penampang elemen struktur. Perencanaan tersebut merupakan rencana struktur tingkat menengah (*middle-rise*) berjumlah lima (5) lantai dengan tinggi 16 meter.

b. Menentukan Lokasi Struktur Gedung

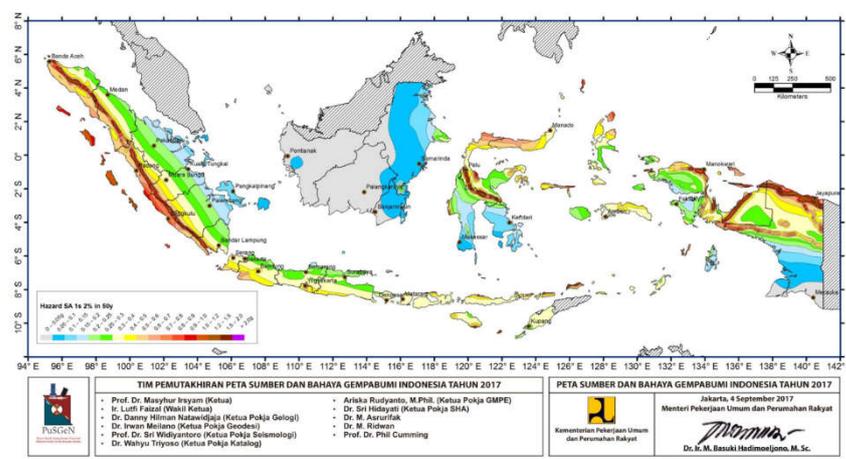
Dalam pemilihan lokasi bangunan struktur yang akan dibangun dipilih sebanyak 99 kota besar di Indonesia diharapkan mencakup daerah di seluruh penjuru Indonesia dari pulau Sumatra, Jawa, Sulawesi, NTT, NTB, Papua, dan Maluku serta sebagian kecil dari Pulau Kalimantan yang memiliki rekam gempa dengan magnitudo yang cukup signifikan. Pada Gambar 3.1 diperlihatkan lokasi dari rencana pembangunan struktur gedung *Middle Rise*.



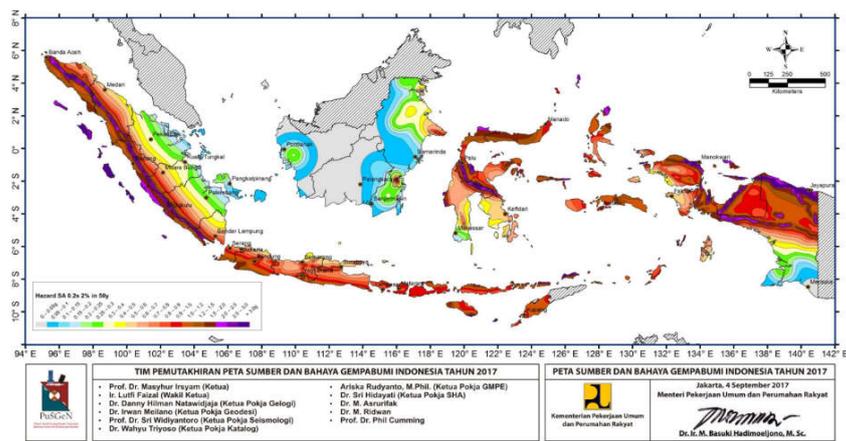
Gambar 3.1 Peta lokasi rencana pembangunan struktur gedung tingkat menengah

- c. Pengambilan data Percepatan spektrum respons pendek (S_s) dan percepatan spektrum respons 1 detik (S_l)

Setelah menentukan lokasi pembangunan struktur gedung yang berjumlah 99 kota di Indonesia, kemudian penentuan percepatan spektrum respons pendek (S_s) dan percepatan spektrum respons 1 detik (S_l) berdasarkan Buku Peta Gempa Indonesia Tahun 2017. Pada Gambar 3.2 merupakan percepatan periode pendek (S_s) dan Gambar 3.3 adalah percepatan periode 1 detik (S_l).



Gambar 3.2 Peta percepatan respons spektrum 1 detik (S_l)
(Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)



Gambar 3.3 Peta Percepatan respons spektrum pendek (S_s)
(Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Pada langkah berikutnya dijelaskan cara dalam mengambil nilai percepatan spektrum respons pendek (S_s) dan percepatan spektrum respons 1 detik (S_I).

1) Mengambil lokasi dengan bantuan *Google Maps*

Sebelum pengambilan parameter percepatan spektrum respons pendek (S_s) dan parameter percepatan spektrum respons 1 detik (S_I) dilakukan pengambilan gambar lokasi pada *Google Maps* sebagai petunjuk lokasi dari rencana pembangunan struktur gedung *Middle Rise* tersebut. Pada gambar 3.4 merupakan contoh potongan gambar dari lokasi rencana pembangunan gedung dari *Google Maps* yaitu pada daerah Kendari.



Gambar 3.4 Contoh pengambilan lokasi dengan *Google Maps*

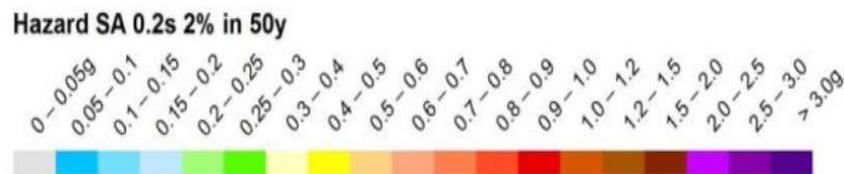
2) Penggabungan gambar lokasi dari *Google Maps* dengan gambar dari Buku Peta Gempa 2017

Setelah mengambil lokasi dari *Google Maps* selanjutnya adalah mengambil potongan Peta Percepatan Spektrum Respons Pendek dan Peta Percepatan Spektrum Respons 1 detik yang kemudian digabungkan dengan gambar lokasi dari *Google Maps* tersebut. Pada Gambar 3.5 merupakan contoh dari penggabungan 2 gambar tersebut.

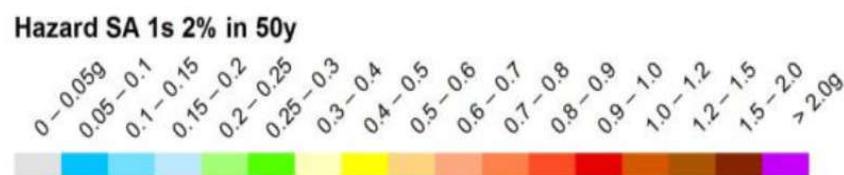


Gambar 3.5 Potongan gambar yang sudah digabungkan

- 3) Interpolasi nilai S_s dan S_l dari 2 gambar yang sudah digabung
- Dalam menentukan parameter dari nilai S_s dan S_l perlu diperhatikan warna dari Peta Gempa 2017 seperti pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7. Warna tersebut menunjukkan nilai dari S_s dan S_l tersebut. Akan tetapi, diberikan perlakuan berupa interpolasi agar mendapatkan parameter S_s dan S_l yang akurat.



Gambar 3.6 Keterangan nilai percepatan spektrum respons pendek (S_s) berdasarkan gradasi warna (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)



Gambar 3.7 Keterangan nilai percepatan spektrum respons 1 detik (S_l) berdasarkan gradasi warna (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Setelah di berikan perlakuan dengan cara Interpolasi, selanjutnya adalah mencari nilai S_s dan S_l dari 99 kota besar di Indonesia. Berikut merupakan data yang didapat yaitu nilai S_s dan S_l ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nama Kota dan Parameter nilai S_s dan S_l

No	Nama Kota	S_s (g)	S_l (g)	No	Nama Kota	S_s (g)	S_l (g)
1	Ambon	0,93	0,35	27	Jakarta Barat	0,74	0,32
2	Banda Aceh	1,68	0,65	28	Jakarta Pusat	0,71	0,31
3	Bandar Lampung	0,80	0,39	29	Jakarta Selatan	0,75	0,33
4	Bandung	1,90	0,46	30	Jakarta Timur	0,76	0,32
5	Banjar	0,82	0,37	31	Jakarta Utara	0,64	0,32
6	Banyuwangi	0,81	0,31	32	Jambi	0,31	0,22
7	Bekasi	0,72	0,31	33	Jayapura	2,61	1,08
8	Bengkulu	2,0	0,80	34	Jember	0,82	0,33
9	Bima	0,90	0,34	35	Jepara	0,43	0,15
10	Blora	0,54	0,23	36	Kebumen	0,82	0,37
11	Bogor	0,96	0,38	37	Kediri	0,78	0,36
12	Bondowoso	0,68	0,28	38	Kendari	0,63	0,17
13	Brebes	0,74	0,26	39	Kotamobagu	1,22	0,47
14	Bukittinggi	2,18	1,05	40	Kudus	0,56	0,24
15	Cilacap	0,92	0,39	41	Kupang	0,93	0,27
16	Cilegon	0,82	0,33	42	Lahat	0,81	0,41
17	Cimahi	1,25	0,52	43	Langsa	0,60	0,26
18	Cirebon	0,57	0,27	44	Lhokseumawe	1,20	0,41
19	Denpasar	0,87	0,38	45	Lumajang	0,83	0,28
20	Depok	0,74	0,35	46	Madiun	0,75	0,35
21	Dumai	0,25	0,15	47	Magelang	0,73	0,34
22	Fakfak	0,51	0,24	48	Makassar	0,22	0,07
23	Genteng	0,92	0,34	49	Malang	0,80	0,34
24	Gorontalo	1,57	0,61	50	Manado	0,96	0,35
25	Gunung Sitoli	2,0	0,90	51	Mataram	0,92	0,34
26	Indramayu	0,41	0,21	52	Medan	0,59	0,28

Tabel 3.1 Nama Kota dan Parameter nilai S_s dan S_l (lanjutan)

No	Nama Kota	S_s (g)	S_l (g)	No	Nama Kota	S_s (g)	S_l (g)
53	Metro	0,72	0,29	81	Sorong	1,36	0,50
54	Mojokerto	0,96	0,32	82	Sukabumi	1,34	0,48
55	Ngawi	0,70	0,32	83	Sungai Penuh	2,80	1,0
56	Pacitan	1,28	0,47	84	Surabaya	0,72	0,27
57	Padang	1,41	0,53	85	Surakarta	0,77	0,33
58	Padang Sidempuan	2,92	1,14	86	Tangerang	0,76	0,33
59	Pagar Alam	1,27	0,55	87	Tangerang Selatan	0,79	0,33
60	Palembang	0,26	0,21	88	Tanjung Pandan	0,06	0,06
61	Palu	2,17	0,86	89	Tasikmalaya	0,93	0,38
62	Pamekasan	0,52	0,22	90	Tegal	0,62	0,25
63	Pandeglang	0,94	0,39	91	Tidore Kepulauan	0,86	0,31
64	Pangkal Pinang	0,11	0,11	92	Tomohon	0,92	0,36
65	Pasuruan	0,61	0,26	93	Trenggalek	0,95	0,39
66	Pekalongan	0,53	0,22	94	Tual	3,0	0,75
67	Pekanbaru	0,35	0,24	95	Tuban	0,52	0,20
68	Pemalang	0,54	0,23	96	Tuluagung	0,93	0,39
69	Pematang Siantar	0,66	0,31	97	Tutut	1,04	0,53
70	Ponorogo	0,84	0,38	98	Wonosobo	0,68	0,29
71	Probolinggo	0,62	0,26	99	Yogyakarta	1,45	0,65
72	Purwakarta	0,77	0,31				
73	Purwodadi	0,75	0,29				
74	Purwokerto	0,74	0,33				
75	Salatiga	0,92	0,34				
76	Samarinda	0,11	0,08				
77	Semarang	0,84	0,28				
78	Serang	0,83	0,32				
79	Singkang	0,57	0,18				
80	Situbondo	0,62	0,22				

2. Kajian Literatur

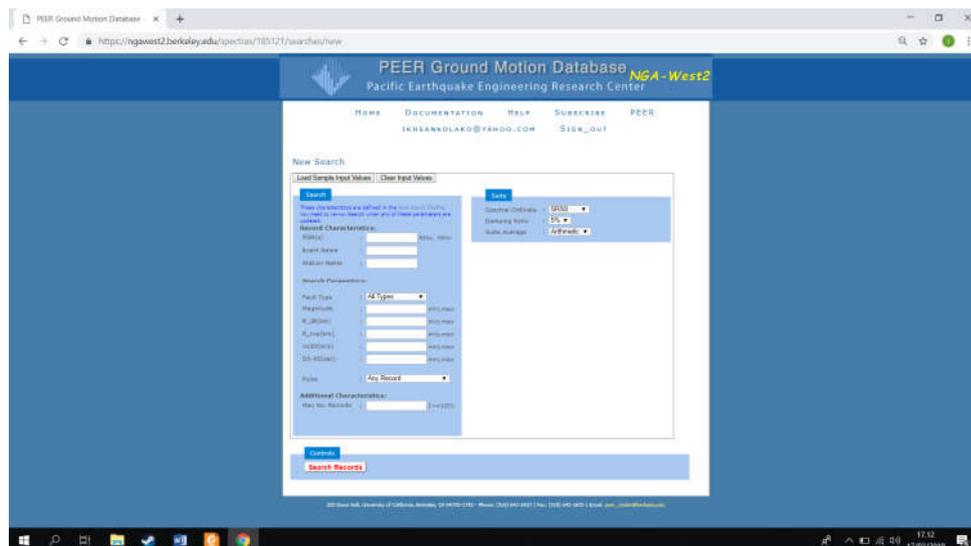
Dengan menelaah lebih lanjut mengenai konsep dan pemahaman dalam menggunakan beberapa peraturan yang digunakan sebagai dasar dalam memberikan beban gempa sesuai dengan SNI 1726:2012 dan perencanaan gedung sesuai dengan SNI 2847:2013.

3. Pemodelan Struktur

Setelah melakukan pengumpulan data dan memahami serta mempelajari literatur yang digunakan, dilakukan pemodelan bangunan menggunakan program SAP2000 versi 21 dengan memasukkan informasi berupa data dimensi elemen struktur dan jenis bahan yang digunakan pada bangunan tersebut sesuai dengan perencanaan gambar dan kebutuhan serta harus sesuai dengan perencanaan gedung tersebut. Tidak hanya data itu saja, selanjutnya diperlukan data beban yang dihitung berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan menyesuaikan peraturan yang digunakan. Apabila semua data sudah dimasukkan pada program SAP 2000, langkah berikutnya adalah melakukan proses *running* agar program SAP2000 melakukan analisis struktur secara otomatis sehingga sesuai dengan perencanaan. Setelah proses *running* pada program SAP2000 selesai, didapatkan hasil analisis berupa gaya dalam yang ditimbulkan akibat pembebanan. Agar mendapatkan hasil yang optimal, dilakukan optimasi sehingga gaya-gaya dalam terpenuhi oleh kapasitas yang dimiliki elemen struktur dan hasil perbedaannya tidak berselisih jauh dan tetap memperhatikan dimensi elemen struktur masih sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2013 yang sampai saat ini masih digunakan untuk pembebanan gempa.

4. Analisis *Time History*

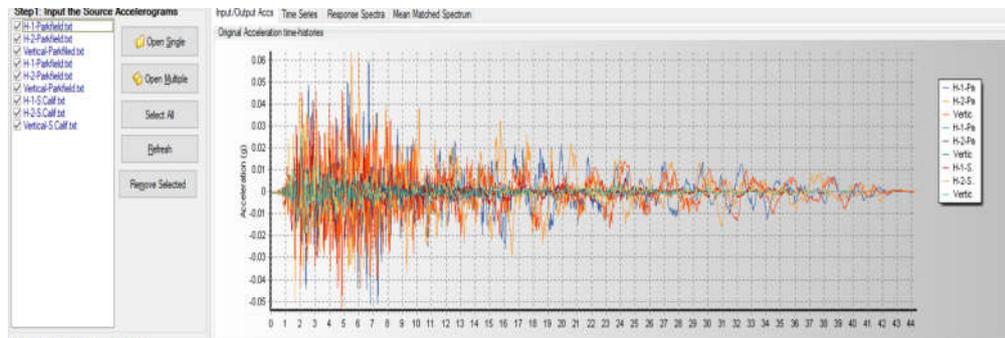
Setelah mendapatkan parameter beban gempa, kemudian melakukan pengambilan data gempa yaitu riwayat gempa (*Time History*) yang diambil pada *website* Berkeley yang ditunjukkan oleh Gambar 3.8.



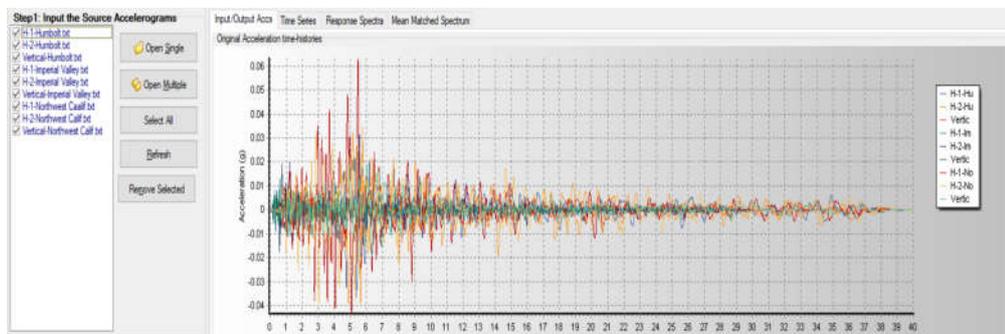
Gambar 3.8 Tampilan depan dalam input data pada *website Berkeley*

Pada tampilan *website* tersebut dibutuhkan input data dari berbagai macam parameter, yaitu *magnitude*, jarak *epicenter*, jarak *hypocenter*, nilai V_s dari 3 klasifikasi situs (*SC*, *SD*, dan *SE*), dan durasi gempa, serta input berapa jumlah *time history* yang dibutuhkan pada fitur *search parameters*. Nilai V_s ditentukan berdasarkan jenis tanah *SC* (tanah keras), *SD* (tanah sedang), dan *SE* (tanah lunak) yang disesuaikan dengan SNI 1726:2012 jenis tanah yang digunakan dalam prosedur riwayat respon/ *time history* berjumlah tiga pasang gerak tanah. Nilai V_s untuk tanah *SC* yaitu diantara 350-750 m/s, tanah *SD* diantara 175-350 m/s, dan tanah *SE* lebih kecil dari 175 m/s. Setelah semua data diinput kemudian didapatkan parameter *time history* yang dipilih secara otomatis yang sesuai dengan parameter yang telah dimasukkan tersebut. Pada Tanah *SC* (tanah keras) dipilih gempa Parkfield (1966) San Luis Obispo, Parkfield (1966) Cholame Shandon Array, dan Southern Calif (1952) San Luis Obispo. Tanah *SD* (tanah sedang) dipilih *time history* yaitu Humbolt Bay (1937) Fernade City Hall, Imperial Valley (1938) El Centro Array, dan Northwest Calif (1941) Fernande City Hall. Untuk Tanah *SE* (tanah lunak) dipilih Imperial Valley-06 (1979) El Centro Array, Youtnville (2000) Lakspur Ferry Terminal, dan Imperial Valley-07 (1979) El Centro Array yang dapat dilihat pada Gambar 3.9-3.11. Dalam mengalisis *time history* diperlukan penggunaan program Seismomatch untuk mendapatkan analisis *time history* yang disesuaikan dengan respon spektrum kota-kota besar di

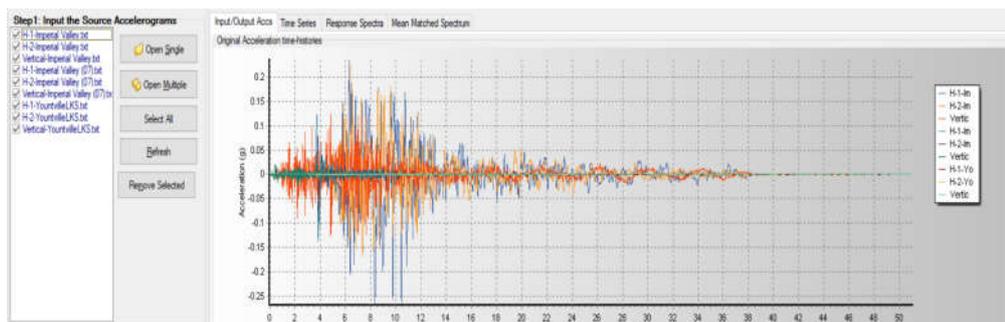
Indonesia dengan catatan rekaman gempa yang telah dipilih. Data yang diperlukan berupa respon spektrum, periode getar alami struktur, dan 3 rekaman gempa setiap klasifikasi situs yang dipilih dari *website Berkeley*.



Gambar 3.9 Riwayat Respons untuk tanah SC



Gambar 3.10 Riwayat Respons untuk tanah SD



Gambar 3.11 Riwayat Respons untuk tanah SE

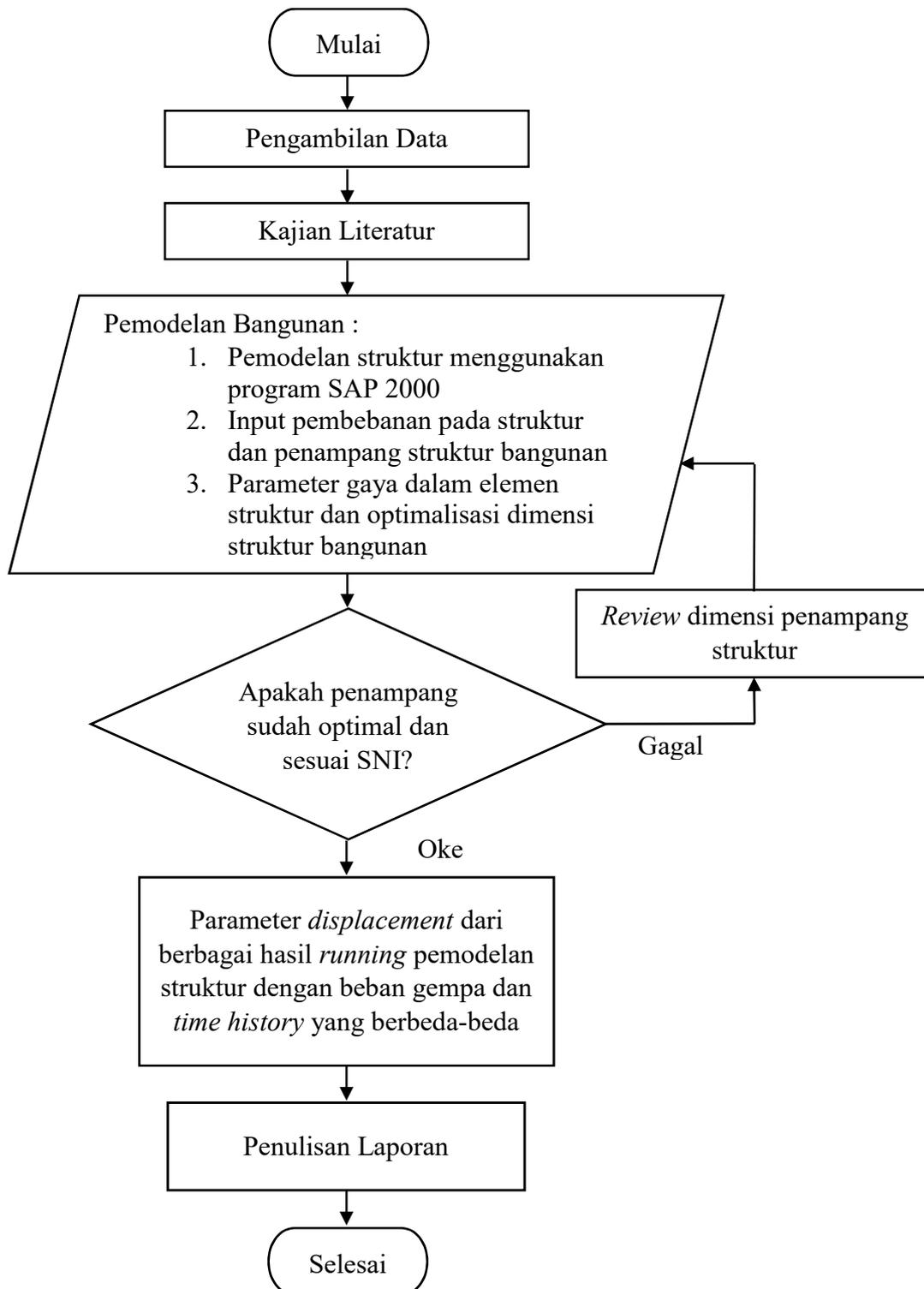
5. Penentuan Data Gempa pada Buku Peta Gempa 2017

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data gempa yang diambil pada Buku Peta Gempa 2017 dengan memilih data berupa tanggal/wilayah, koordinat, kedalaman gempa, *magnitude*, dan durasi gempa. Dikarenakan pada Buku Peta Gempa 2017 tidak ada data durasi gempa, maka diperlukan informasi

berupa berita gempa dari sumber yang akurat dan terpercaya yang menjelaskan durasi gempa tersebut.

6. Evaluasi Nilai *Displacement* dan Penulisan Laporan

Apabila hasil perhitungan manual menggunakan program Microsoft Excel dengan hasil output dari program SAP2000 telah memenuhi persyaratan dan jika telah mendapatkan data *Time History* yang sudah di *match/running*, tahap selanjutnya adalah evaluasi parameter *displacement* dari hasil analisis *running* program SAP2000. Perbandingan *displacement* berdasarkan hasil *running* yang dihitung secara manual dengan program Microsoft Excel pada kota-kota besar di Indonesia. Setelah mendapatkan hasil perbandingan, tahap selanjutnya melakukan penulisan laporan tugas akhir berdasarkan hasil output dan perbandingan yang telah diperoleh tersebut. Pada pekerjaan tugas akhir ini akan dijelaskan pada subbab selanjutnya tentang metode yang dipakai berupa peraturan yang dipakai, pengambilan data jenis tanah, deskripsi gedung, hasil parameter struktur dan material, tahap-tahap pemodelan, kombinasi pembebanan dan asumsi perancangan gedung *middle-rise*. Tahapan penelitian secara umum proyek pembangunan Gedung perkantoran \ ini dapat dilihat pada bagan alir Gambar 3.12 sebagai berikut.



Gambar 3.12 Diagram Alir (*Flow Chart*) pelaksanaan penelitian secara umum

3.2. Peraturan-Peraturan yang Dipakai

Peraturan-peraturan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut.

1. Peraturan pembebanan yang digunakan untuk beban mati adalah Pedoman Perancangan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1989). Selanjutnya peraturan pembebanan untuk beban hidup dan beban gempa menggunakan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Penggunaan beban mati masih menggunakan peraturan PPURG 1989 dikarenakan pada peraturan terbaru yaitu SNI 1727:2013 tidak adanya penjelasan ataupun perubahan tentang beban mati.
2. Peraturan yang digunakan dalam persyaratan pembangunan gedung adalah SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Dalam peraturan tersebut berisi pedoman persyaratan yang diatur yaitu faktor reduksi, kombinasi pembebanan yang disesuaikan dengan peraturan SNI 1726:2012 tentang pembebanan gempa, kemampuan elemen struktur (momen, geser, dan torsi) seperti kolom dan balok, dan persyaratan yang mengatur untuk jenis struktur gedung rangka pemikul momen khusus (SRPMK) pada struktur gedung yang direncanakan.
3. Penggunaan pembebanan gempa disesuaikan dengan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Peraturan tersebut dalam menentukan faktor keutamaan gempa menyesuaikan dengan fungsi gedung, pemilihan kelas situs sesuai dengan SNI 1726:2012 berjumlah tiga kelas, pemilihan parameter respons spektral percepatan gempa perioda pendek dan perioda 1 detik yang didasari oleh Buku Peta Gempa 2017, pemilihan faktor amplifikasi didasari oleh klasifikasi situs, penentuan kategori desain seismik berdasarkan parameter hasil berbagai jenis tanah berupa respon spektra, pemilihan faktor amplifikasi defleksi, faktor reduksi, dan faktor kuat-lebih sistem berdasarkan sistem penahan gaya seismik yang ditentukan dalam penentuan jenis struktur gedung, penentuan koefisien respon seismik berdasarkan nilai koefisien modifikasi respon, penentuan gaya geser yang diterima struktur, dan syarat simpangan antar lantai tingkat yang diijinkan.

3.3. Deskripsi Bangunan Gedung Menengah (*Middle Rise*)

Pemodelan struktur tingkat menengah pada penelitian ini memiliki lima (5) lantai yang disesuaikan berdasarkan Perda DKI nomor 7 tahun 2010 untuk gedung tingkat menengah memiliki minimal 4 lantai dan maksimal 8 lantai. Perencanaan pemodelan struktur gedung tersebut dibangun pada 99 kota besar di Indonesia dengan memasukkan beban gempa berdasarkan daerah yang berbeda-beda. Fungsi gedung merupakan gedung perkantoran disesuaikan dengan peraturan-peraturan yang digunakan. Pada dasarnya, pemodelan struktur sudah dioptimasi beban gempa Jakarta Pusat sebagai acuan utama dalam memperoleh parameter *displacement* pada kota-kota besar di Indonesia.

Setelah penentuan koordinat pada kota yang telah direncanakan, langkah selanjutnya adalah mengolah data parameter respon spektra berupa percepatan spectrum respon periode pendek (S_s) (gambar 3.13) dan percepatan spectrum respon 1,0 detik (S_l) (gambar 3.14) pada Peta Gempa 2018.



Gambar 3.13 Potongan peta gempa dalam menentukan percepatan periode pendek, S_s (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)



Gambar 3.14 Potongan peta gempa dalam menentukan percepatan periode 1 detik, S_l (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

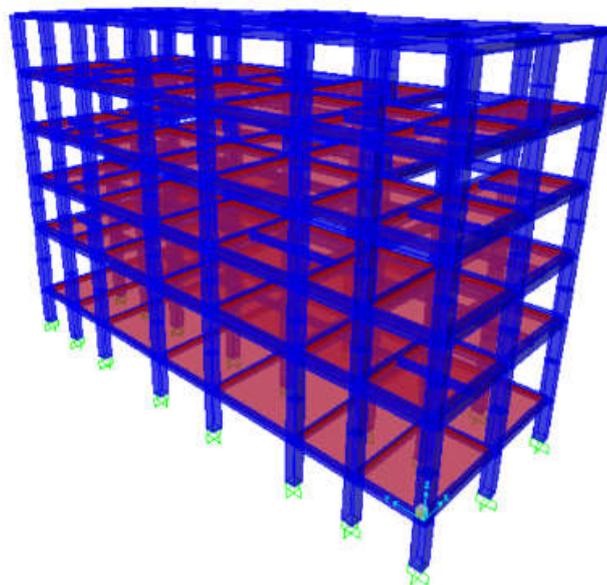
Pada bab ini ditampilkan salah satu hasil pembacaan peta gempa dari Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 yaitu Jakarta Pusat dengan nilai S_s sebesar 0,7144, dan nilai S_I sebesar 0,3071 sesuai dengan lokasi yang telah direncanakan.

3.3.1. Tampak Struktur Gedung

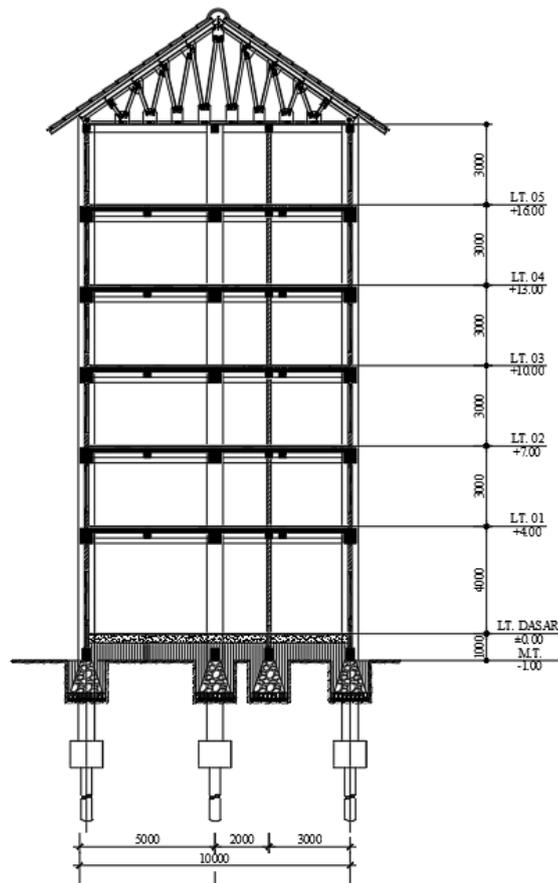
Tampak struktur gedung *middle-rise* yang memiliki 5 lantai dapat dilihat pada Gambar 3.15-3.18.



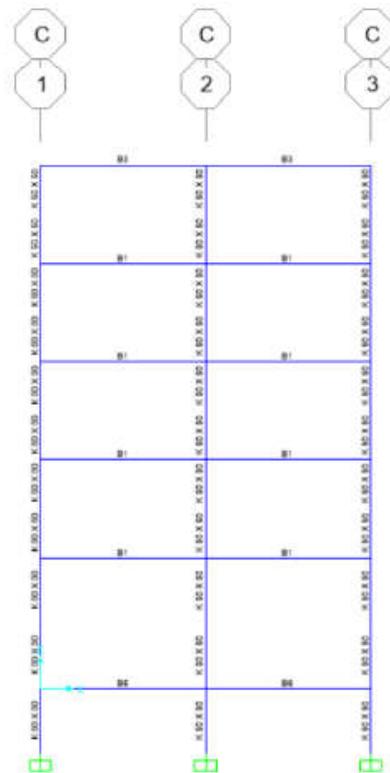
Gambar 3.15 Tampak depan struktur gedung



Gambar 3.16 Tampak perspektif 3 dimensi struktur 5 lantai (SAP2000)



Gambar 3.17 Potongan struktur gedung



Gambar 3.18 Portal As C gedung 5 lantai (SAP2000)

3.3.2. Fungsi Struktur Gedung

Struktur bangunan gedung yang direncanakan memiliki fungsi sebagai gedung perkantoran yang direncanakan didirikan pada 99 kota besar di Indonesia. Struktur bangunan tersebut memiliki 5 lantai dengan tinggi 16 meter.

3.3.3. Informasi Struktur Gedung

Pada penelitian ini menggunakan data primer berdasarkan data struktur gedung yang telah direncanakan. Data-data struktur bangunan gedung tersebut antara lain sebagai berikut.

a. Kolom Struktur

Dimensi kolom yang direncanakan adalah sebagai berikut.

Semua Dimensi kolom yang digunakan pada penelitian ini berukuran 500 mm.

b. Dimensi balok dari perencanaan struktur gedung pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Balok Induk (B1) = 350 × 450 mm

Balok anak (B2) = 200 × 300 mm

Tie Beam (B6) = 200 × 350 mm

Balok Ring (B3) = 200 × 300 mm

Balok Lift (B4) = 350 × 450 mm

Keterangan :

Posisi untuk detail kolom dan balok dapat dilihat pada Lampiran.

3.4. Parameter Struktur dan Material Bangunan

Berikut ini adalah data parameter struktur dan material bangunan gedung yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan perencanaan mutu yang sudah direncanakan.

1. Fungsi bangunan yang direncanakan yaitu sebagai bangunan perkantoran

2. Lokasi

Lokasi perencanaan struktur dibangun pada 99 kota besar di Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

3. Mutu beton, f_c' = 30 MPa

4. Mutu tulangan, f_y

a. Diameter tulangan lebih dari 12 mm (ulir) = 390 MPa

b. Diameter tulangan kurang dari 12 mm (polos) = 240 MPa

5. Pemilihan Jenis Tanah

Pada penelitian ini, dipilih tiga jenis tanah sesuai dengan SNI gempa 2012, yaitu tanah keras (SC), tanah sedang (SD), dan tanah lunak (SE) yang akan diperjelas secara mendetail pada bab IV.

3.5. Langkah Perencanaan Pemodelan

Pemodelan gedung tingkat menengah ini direncanakan sesuai dengan struktur yang sudah direncanakan dalam menyusun laporan penelitian tugas akhir yaitu pembuatan model struktur dengan program SAP2000 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Penggunaan elemen struktur fondasi dimodelkan sebagai elemen *fixed* (tumpuan jepit), Pemilihan tumpuan jepit ini ditentukan karena menyesuaikan dengan fungsi dari fondasi bangunan yang tetap (tidak bergerak) sesuai dengan asumsi struktur bangunan yang telah direncanakan,
2. Elemen *frame* dimodelkan untuk elemen struktur kolom dan balok,
3. Elemen *shell* dimodelkan untuk elemen struktur pelat lantai yang kemudian dibagi dengan fitur pada SAP2000 yaitu *divide area* guna pembebanan yang diterima oleh struktur pelat lantai yang disalurkan kepada elemen struktur balok dapat lebih jelas dan searah,
4. Pemodelan gedung perkantoran ini memiliki 5 lantai, artinya setiap lantai gedung diasumsikan kaku yang kemudian pada *joint* diberikan fitur paksaan (*constraint*) berupa diafragma (*diaphragm*) pada *constraint axis* arah Z pada *coordinate system/grid* global,
5. Pada pelat lantai, diberikan beban mati dan beban hidup menggunakan fitur *uniform to frame* pada *area load* dari *assign* dengan distribusi pembebanan dua arah (*two-way*) untuk menetapkan elemen plat dua arah,
6. Pembebanan gempa menggunakan parameter *time history* dimasukkan melalui fitur *time history* pada *functions* dari *tool devine*,
7. Pada pemodelan struktur menggunakan SAP2000 ini juga harus mempertimbangkan pengaruh retak pada penampang struktur, yaitu struktur balok dan kolom. Menurut SNI 03-2847 2013, momen efektif yang diizinkan

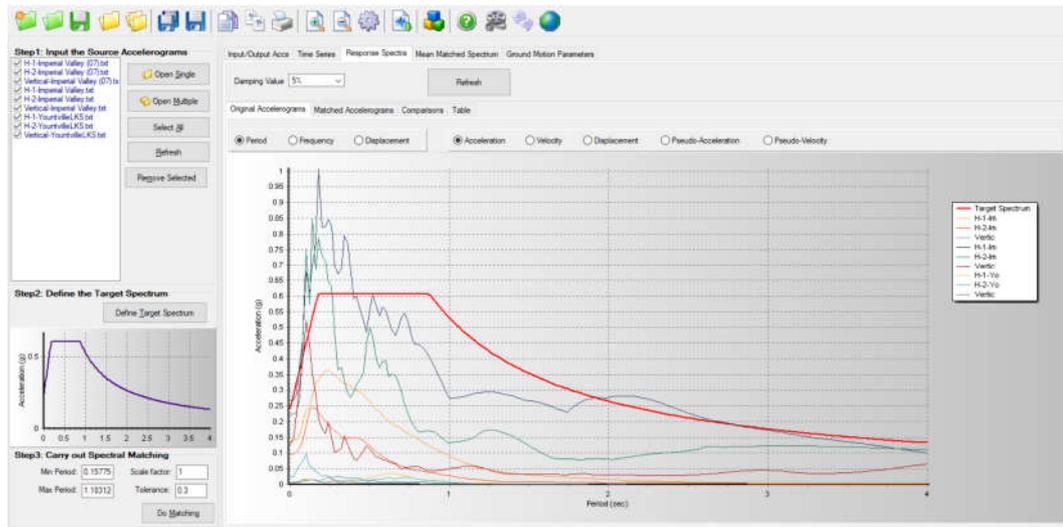
pada penampang elemen struktur balok adalah $0,35 I_g$, dan $0,7 I_g$ untuk elemen struktur kolom,

8. Pada perancangan struktur gedung *middle rise* ini menggunakan tulangan polos untuk diameter kurang dari 12 mm dan ulir untuk tulangan yang lebih dari 12 mm,
9. Tulangan yang digunakan disesuaikan dengan variasi setiap elemen-elemen struktur agar mendapatkan hasil luas tulangan yang efisien.

3.6. Penggunaan Aplikasi Program Pendukung Penelitian

Pada penelitian ini, tidak hanya menggunakan *Microsoft Word* untuk menyelesaikan penelitian tersebut. Namun, terdapat program bantu lainnya yang digunakan dalam mengolah dan menghitung yang bertujuan untuk mencari nilai *displacement* pada setiap gedung yang diberi perlakuan gempa yang berbeda-beda sesuai dengan yang ditinjau pada setiap kota besar di Indonesia. Berikut aplikasi program yang membantu dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut.

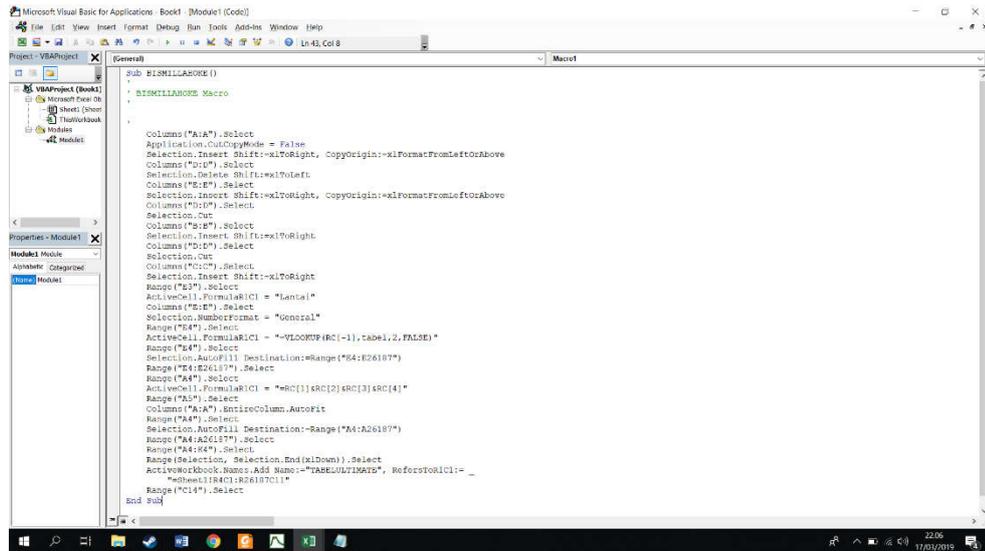
1. Aplikasi program SAP2000 versi 21 sebagai salah satu program aplikasi wajib dalam menyelesaikan penelitian ini. Pada program tersebut mampu membantu dalam mengolah dan menghitung perhitungan struktur sehingga mendapatkan parameter gaya-gaya dalam sesuai dengan elemen-elemen struktur yang kemudian diberi perlakuan berupa pengoptimasian pada penampang elemen struktur agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta telah memiliki lisensi dari aplikasi program SAP2000 versi 21 ini dalam pengoprasian program tersebut.
2. Pada penelitian ini, digunakan aplikasi program SeismoMatch versi 2016 yang membantu penelitian ini dalam mendapatkan parameter berupa *time history* yang sudah disesuaikan dengan catatan rekaman gempa seismik dengan respon spektrum yang dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19 Tampilan Program SeismoMatch dengan contoh percepatan yang sudah disesuaikan dengan respon spektrum desain

Catatan rekaman gempa seismik dipilih secara otomatis dari *website* Berkeley yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan struktur gedung yang telah direncanakan. Hasil parameter riwayat respons yang sudah di *match* dengan respon spektrum pada setiap kota tergolong kurang sesuai dikarenakan pendekatan tersebut dilakukan pada 99 kota. Parameter yang telah didapat merupakan riwayat respons dipilih mendekati 99 kota terpilih.

3. Penggunaan program Microsoft Excel menjadi salah satu program yang membantu dalam mengolah dan menghitung berbagai macam perhitungan dalam mendapatkan parameter seperti gaya-gaya dalam yang nantinya akan dioptimasi pada penampang struktur agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Selain itu, Microsoft Excel dipergunakan dalam mengolah dan menghitung pemindahan (*displacement*) sebagai *output* akhir dalam penelitian ini. Pada program Microsoft Excel ini terdapat fitur *micro visual basic*, yaitu program sederhana pada excel dalam merekam segala kegiatan perhitungan maupun pengolahan data pada excel dalam bentuk *coding* (kode-kode sederhana) sehingga memudahkan dalam perhitungan dengan langkah perhitungan yang sama dalam membuat program untuk menentukan beban gempa disesuaikan dengan SNI Gempa 2012. Berikut merupakan tampilan pada Microsoft Excel dengan bantuan program *micro visual basic* dan hasil *running* dari program tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 3.20 dan Tabel 3.3.

Gambar 3.20 Tampilan Program *Micro Visual Basic*Tabel 3.2 Contoh hasil *running* dari program Excel menggunakan *Micro Visual Basic*

TH-SC-1X		TH-SC-1Y	
5,5 x 1000	5,5 x 1000	5,5 x 1000	5,5 x 1000
155.5785	102.6355	136.7465	101.2605
143.583	96.448	126.4615	94.6715
126.7475	86.7735	111.903	84.5625
101.739	71.588	89.9855	69.1735
68.3375	50.314	60.621	48.345
11.847	8.833	10.5985	8.5195