

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data historis kejadian gempa dari tahun 1963 sampai tahun 2019 yang diperoleh dari USGS dengan luas wilayah pengambilan dibatasi pada radius 200 km dari batas administrasi Provinsi Riau atau wilayah dengan batas koordinat 97.02 BT - 103.023 BT dan -3.90 LS – 2.96 LS. ketentuan data yang digunakan adalah data kejadian gempa dengan magnitudo minimal 5 dan kedalaman maksimum 300 km.

4.2 Instrument Penelitian

Instrument utama yang diperlukan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer. Kemudian instrument pendukung adalah penggunaan beberapa perangkat lunak (*software*) sebagai berikut:

- a. *Software Ms. Office (Ms. Word dan Ms. Excel)* untuk analisis data gempa dan penyusunan laporan.
- b. *Software Matlab R2010a*, untuk mengoperasikan *software ZMAP* (Wiemer, 2001).
- c. *Software SR-Model* yang dikembangkan oleh Dr. Lalu Makrup, untuk menganalisis probabilitas (PSHA) percepatan tanah pada batuan dasar.
- d. *Software ArcGis* yang dikembangkan oleh ESRI *corporation*, untuk membuat peta spasial berupa peta *seismic hazard* dari hasil analisis pada poin c.
- e. *Software Spectral Matching* yang digunakan untuk membuat *ground motion* sintetik di batuan dasar yang sesuai untuk wilayah Kabupaten Kampar.

4.3 Tahapan Analisis

Langkah-langkah atau tahapan Analisis yang harus dilalui untuk menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Konversi Skala Magnitude

Data kejadian gempa yang diperoleh atau dikumpulkan dari USGS memiliki skala magnitude yang berbeda. Skala magnitud yang diperoleh antara lain adalah *surface wave magnitude* (M_s), *Richter local magnitude* (M_L), *body wave magnitude* (M_b) dan *moment magnitude* (M_w). Untuk menjamin konsistensi dalam analisis kegempaan maka digunakan skala magnitude yang sama yaitu Magnitude momen (M_w), karena lebih konsisten dibandingkan dengan skala yang lain. Berikut merupakan contoh dari konversi skala gempa.

Tabel 4.1 Contoh Korelasi konversi antara beberapa skala magnitude (Indonesia)

Korelasi Konversi	Jumlah Data (Events)	Range Data	Kesesuain (R^2)
$M_w = 0.143 M_s^2 - 1.051 M_s + 7.285$	3.173	$4.5 \leq M_s \leq 8.6$	93.9%
$M_w = 0.114 M_b^2 - 0.556 M_b + 5.560$	978	$4.9 \leq M_b \leq 8.2$	72.0%
$M_w = 0.787 M_E + 1.573$	154	$5.2 \leq M_E \leq 7.3$	71.2%
$M_b = 0.125 M_L^2 - 0.389 M_L + 3.513$	722	$3.0 < M_L < 6.2$	56.1%
$M_L = 0.717 M_D + 1.003$	384	$3.0 < M_D < 5.8$	29.1%

(Irsyam *et al*, 2010).

b. Pemisahan Gempa Dependen dan Independen

Menurut Pacheso dan Sykes (1992) dalam Makrup (2013) dijelaskan bahwa dengan memasukkan kejadian gempa dependen dalam analisis akan mengakibatkan sedikit peningkatan hasil pada analisis *seismic hazard*. Oleh karena itu kejadian-kejadian gempa dependen (*foreshock* dan *aftershock*), harus teridentifikasi sebelum data-data

kejadian gempa digunakan. Beberapa kriteria empirik untuk membedakan antara kejadian gempa independen dan dependen telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti seperti, Garner dan Knopoff (1974); Arabasz dan Robinso (1976); dan Urhammer (1986). Beberapa kriteria empirik tersebut dikembangkan berdasarkan suatu rentang waktu dan jarak tertentu dari satu kejadian gempa (Irysam *et al*, 2010).

Metode pemisahan gempa dependen dan independen dalam penelitian ini digunakan model empirik dari Garner dan Knopoff (1974), dengan dasar model empirik ini telah banyak digunakan oleh beberapa ahli atau peneliti sebelumnya seperti, Petersen (2004) menggunakan empirik tersebut untuk pembuatan peta *seismic hazard* Sumatera dan Semenanjung Malaysia; Petersen (2008) untuk pembuatan peta *seismic hazard* Asia Tenggara; dan USGS (2006) untuk pembuatan peta *seismic hazard* Amerika Serikat (Makrup 2013).

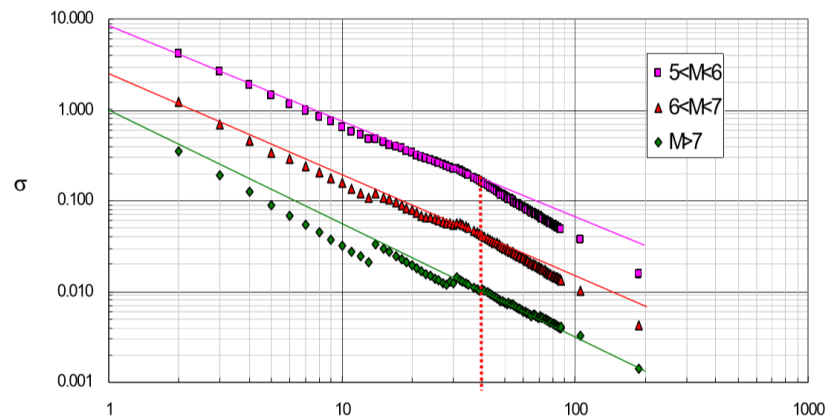
Pemisahan gempa dependen dan independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program komputer atau *software* yaitu, ZMAP. Karena pemisahan gempa dependen dan independen dengan cara manual akan sangat sulit dilakukan.

c. Analisis kelengkapan Data

Mengetahui riwayat kejadian gempa serta ketidakseragaman katalog gempa yang tersedia merupakan faktor utama dalam menilai interval pengulangan kejadian gempa dan menilai bahaya *seismic* untuk *site* tertentu. Untuk dapat memperkirakan bahaya gempa melalui analisis *seismic Hazard*, diperlukan data gempa dalam satu kurun waktu tertentu dimana kejadian gempa independen dalam rentang magnitude tertentu dapat dikatakan lengkap dalam suatu katalog. Ketidaklengkapan data gempa akan mengakibatkan parameter risiko gempa menjadi *overestimated* dan *underestimated* (Makrup 2013).

Agar dapat diketahui periode waktu yang menyatakan bahwa katalog gempa yang digunakan lengkap, maka frekuensi kejadian gempa

independen untuk beberapa rentang magnitudo diplotkan terhadap waktu. Waktu yang dimaksud, dihitung mulai waktu pengamatan terakhir kebelakang (Makrup 2013). Hasil analisis kelengkapan yang pernah dilakukan untuk Wilayah Indonesia dapat dilihat pada (gambar 4.1) di bawah ini.



Gambar 4.1 Model *Completeness* Data Gempa Wilayah Indonesia (Irsyam *et al*, 2010).

d. Pemodelan Sumber Gempa

Pemodelan zona sumber gempa diperlukan untuk menghubungkan antara data kejadian gempa dengan model perhitungan yang digunakan dalam menentukan tingkat risiko gempa. Model sumber gempa akan memberikan gambaran distribusi episenter kejadian gempa historik, frekuensi kejadian gempa dan pergeseran relatif lempeng (*slip-rate*) dari suatu sumber gempa (Irsyam *et al*, 2010).

Ada dua model sumber gempa yang digunakan dalam analisis pada penelitian ini, yaitu sumber gempa ***fault***, dan sumber gempa **subduksi**.

a) Sumber Gempa *Fault*

Parameter-parameter yang digunakan untuk analisis probabilitas dengan model sumber gempa sesar (*fault*) adalah *latitude* dan *longitude*, *slip-rate*, *fault trace*, panjang dan lebar *fault* serta mekanisme pergerakan. Penentuan parameter-parameter tersebut berdasarkan dari data-data peneliti terdahulu yang telah dipublikasi. Parameter-parameter sumber gempa *fault* untuk wilayah Sumatera dapat dilihat pada BAB III.

b) Sumber Gempa Subduksi

Parameter-parameter yang digunakan untuk analisis probabilitas dengan model sumber gempa subduksi yaitu, area zona subduksi yang dapat ditentukan berdasarkan data historis gempa, kemiringan bidang subduksi (*dip*), *latitude* dan *longitude*, *rate*, batas kedalaman area subduksi, dan *b-value*. Penentuan nilai-*b* (*b-value*) dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data historis kejadian gempa pada daerah subduksi tersebut, kemudian dilakukan analisis statistik dengan metode *Maximum Likelihood* (Irsyam *et al*, 2010).

Zona subduksi merupakan sumber gempa yang diakibatkan oleh pertemuan sekaligus penujaman lempeng benua yang terbagi menjadi zona *Megathrus* yang berada pada kedalaman maksimum 50 km dan zona *Benioff* yang berada pada kedalaman lebih dari 50 km.

e. Pemilihan Persamaan *Ground Motion Prediction Equations* (GMPE)

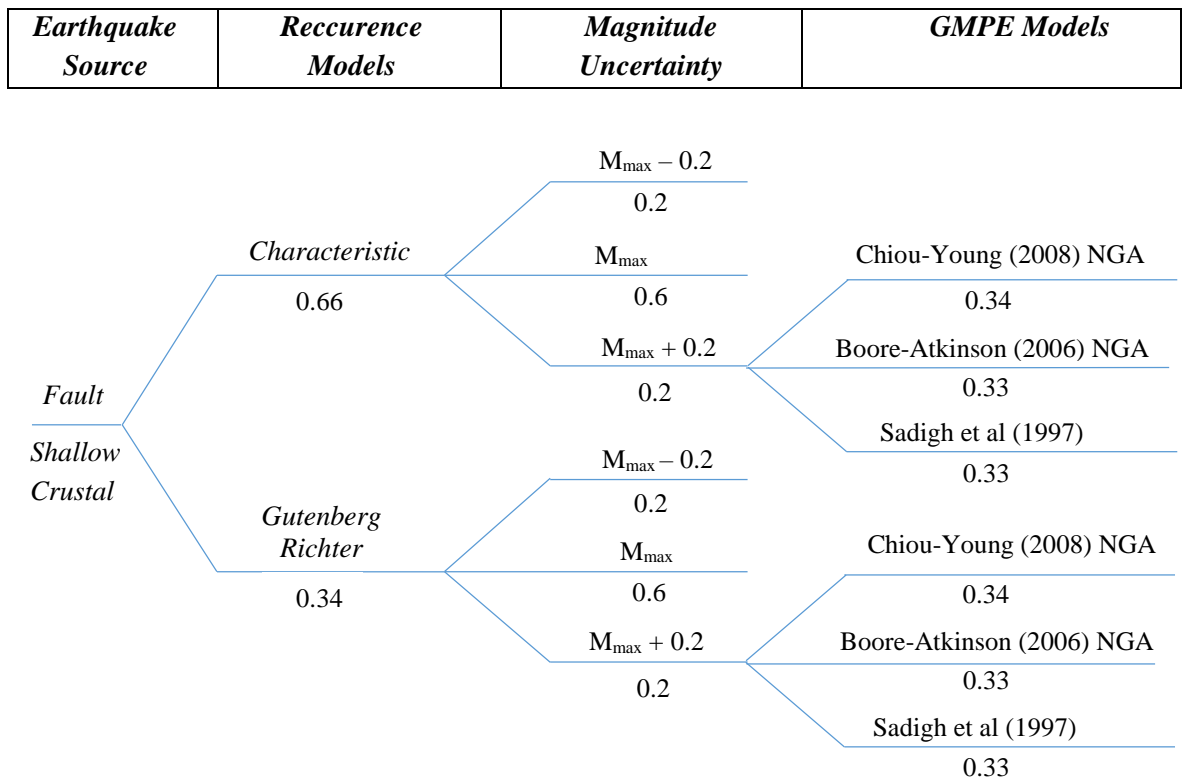
Sampai saat ini belum tersedia persamaan GMPE yang diturunkan berdasarkan karakteristik geologi dan data gempa di Indonesia sehingga penggunaan persamaan GMPE dari negara lain dijadikan sebagai alternatif. Pemilihan persamaan GMPE negara lain untuk Indonesia didasarkan pada kesamaan kondisi geologi dan tektonik. Pada penelitian ini, pemilihan persamaan GMPE merujuk pada penelitian terdahulu serta menyesuaikan dengan ketersediaan persamaan GMPE yang ada dalam *software* SR Model. Berdasarkan pertimbangan di atas persamaan maka persamaan GMPE yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber gempa subduksi, untuk model sumber gempa subduksi :
 - a) Atenuasi Youngs *et al* (1997)
 - b) Atenuasi Atkinson – Boore (2003).
2. Sumber gempa *shallow crustal*, untuk model sumber gempa *fault* :
 - a) Sadigh *et al.*, (1997)
 - b) Boore-Atkinson (2006) NGA
 - c) Chiou-Young (2008) NGA.

f. *Logic Tree*

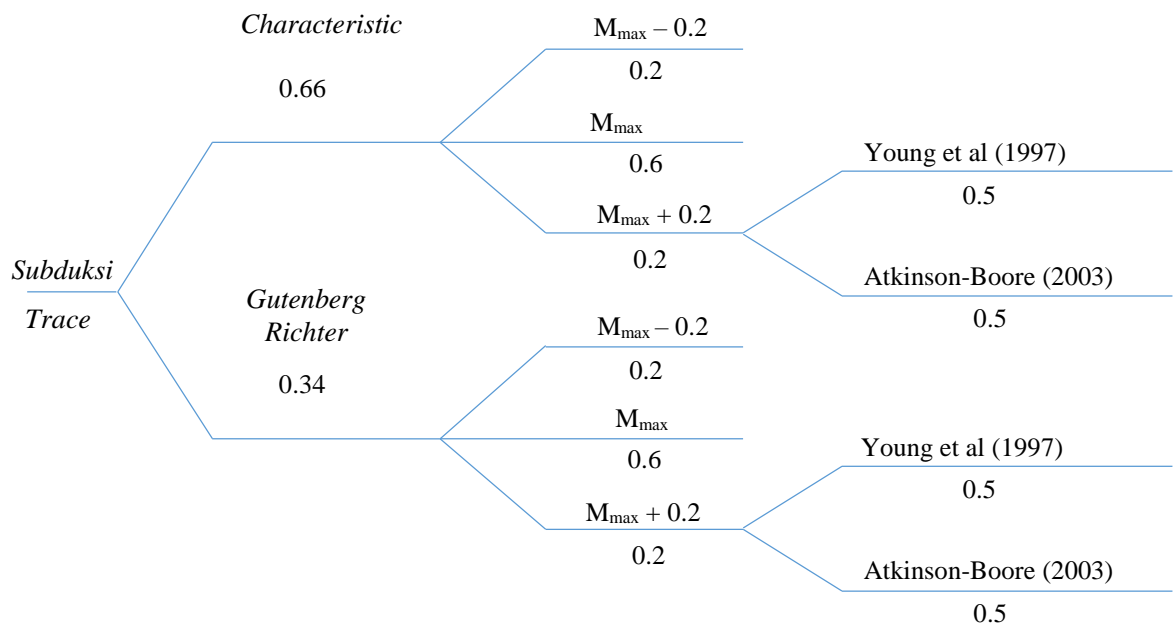
Logic tree merupakan sebuah solusi untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam menentukan parameter-parameter gempa dalam analisis *seismic hazard*. parameter gempa yang dimaksud, yaitu magnitude maksimum, Persamaan GMPE, pemilihan model (*recurrence model*), dan *reccurence rate*. Dengan diberikannya faktor pembobot yang berbeda-beda pada masing-masing parameter maka *logic tree* akan mengontrol tingkat keakuratan dari penggunaan parameter yang telah dipilih. Setiap parameter yang dipilih kemudian diberikan suatu bobot, itu menggambarkan tingkat kepercayaan terhadap parameter yang digunakan. Jumlah bobot dari semua alternatif metode untuk parameter yang sama harus sama dengan 1.

Logic tree yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawa ini yaitu pada gambar 4.2 dan 4.3 yang merupakan gambar model *logic tree* untuk sumber gempa *shallow crustal* dan subduksi.



Gambar 4.2 Model *Logic Tree* untuk Sumber Gempa Sesar (*Fault*) dan *Shallow Crustal*.

<i>Earthquake Source</i>	<i>Reccurence Models</i>	<i>Magnitude Uncertainty</i>	<i>GMPE Models</i>
--------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------



Gambar 4.3 Model *Logic Tree* untuk Sumber Gempa Subduksi (*Megathrust* dan *Benioff*).

g. Analisis *Seismic Hazard*

Analisis *seismic hazard* pada penelitian ini terbagi menjadi dua bagian yaitu Analisis PSHA dan Deagregasi. PSHA dilakukan dengan menggunakan metode probabilitas yang meliputi probabilitas jarak, probabilitas magnitude dengan memperhitungkan ketidakpastian parameter meliputi magnitude, jarak, dan intensitas terlampaui. Dengan pemilihan persamaan GMPE maka kombinasi jarak dan magnitud akan menghasilkan perkiraan nilai parameter percepatan.

1. *Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)*

Proses analisis PSHA pada penelitian ini menggunakan *software Seismic Risk Model (SR Model)* yang mengkombinasikan ketidakpastian dari lokasi gempa, ukuran gempa, dan prediksi parameter gerakan tanah terlampaui pada periode tertentu. Keluaran dari analisis ini berupa PGA (*peak ground acceleration*) di batuan dasar. Kemudian untuk memperoleh percepatan tanah

di permukaan bisa langsung dianalisis dengan SR Model menggunakan persamaan GMPE khusus untuk permukaan tanah. Selain dari itu juga ada cara lain yaitu dengan mengalikan nilai PGA pada batuan dasar dengan nilai koefisien faktor amplifikasi yang merujuk pada UBC 1997 dan ASCE-710.

2. Deagregasi

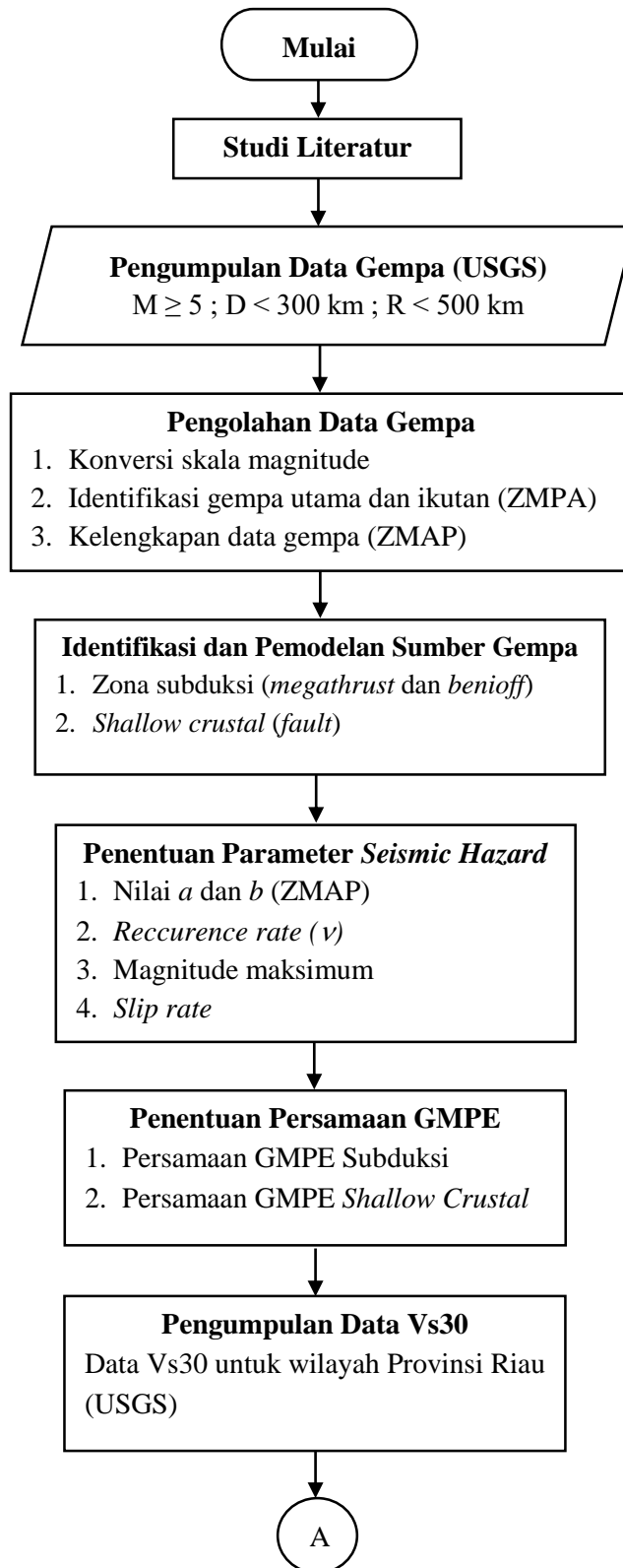
Analisis deagregasi dilakukan untuk mengetahui sumber gempa yang memberikan kontribusi terbesar terhadap bahaya gempa pada daerah tertentu. Informasi yang diperoleh berupa sumber gempa dominan, magnitude dominan, dan jarak dominan. Analisis deagregasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* SR Model. Analisis deagregasi dilakukan pada periode 0 detik untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun yang diperoleh dari *Uniform Hazard Spectra* (UHS) untuk lokasi PLTA Koto Panjang di kabupaten Kampar. Hasil dari analisis deagregasi ini nantinya akan digunakan untuk analisis *spectral matching*.

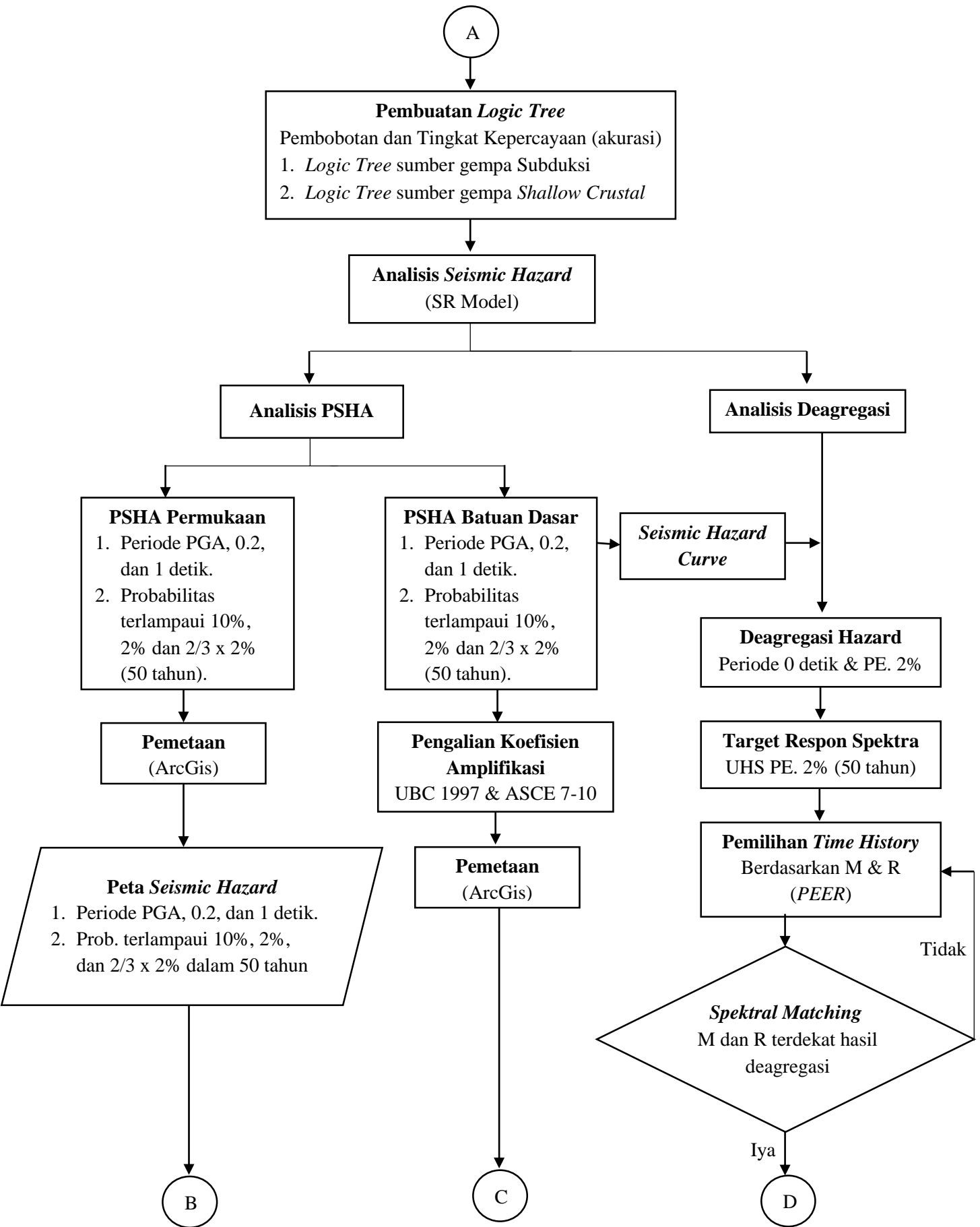
h. Pembuatan Peta Spasial Percepatan Tanah di Batuan Dasar dan Permukaan
Untuk menampilkan hasil analisis PSHA di Wilayah Provinsi Riau dalam bentuk peta spasial maka pada penelitian ini digunakan bantuan *software ArcMap* atau *ArcGis*. Data-data yang dibutuhkan untuk diolah kedalam *software ArcGis* yaitu data *longitude - latitude* dan data nilai percepatan tanah dipermukaan untuk setiap titik lokasi yang ditinjau.

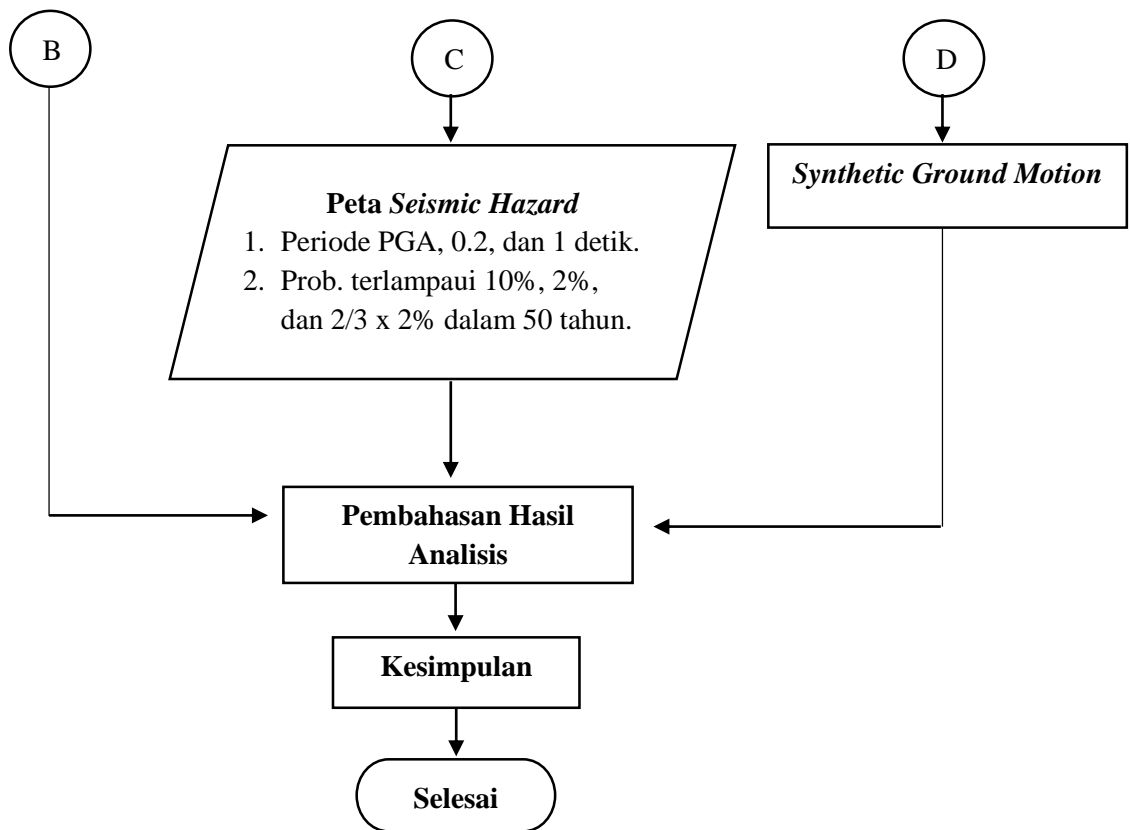
i. Pembuatan *Synthetic Ground Motion*

Pada analisis deagregasi hazard akan diketahui sumber gempa yang memberikan kontribusi terbesar yang dicerminkan pada nilai magnitude dominan dan jarak dominan pada lokasi yang ditinjau. Berdasarkan hal tersebut maka dapat ditentukan *ground motion* gempa yang memiliki karakteristik yang hampir sama dengan lokasi yang ditinjau. Pembuatan *ground motion* sintetik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program *SpectralMatching*. Hasil dari *ground motion* sintetik dapat dijadikan alternatif untuk mengcover kurangnya pencatatan data riwayat waktu gempa di Indonesia.

4.4 Bagan Alir Penelitian







Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian