BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah deskriptif analisis dan visualisasi, yaitu dengan penjelasan dan analisis, dimana data diolah kemudian diperoleh hasil dan divisualisaikan. Adapun metodologi penelitian diuraikan sebagai berikut:

4.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahap penelitian tugas akhir ini meliputi:

a. Studi Literatur

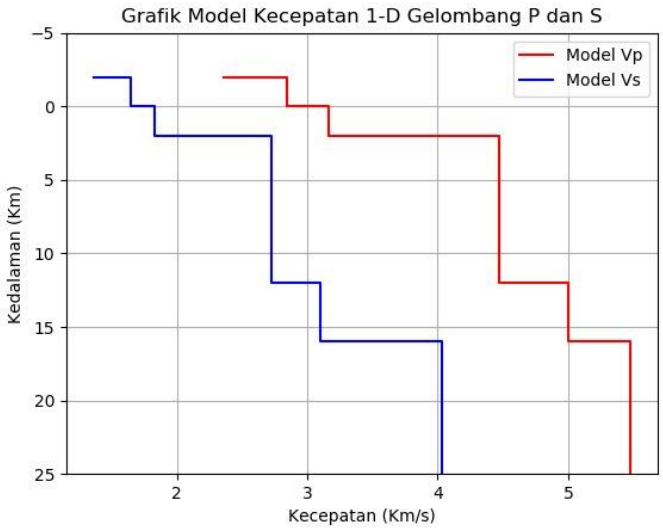
   Studi literatur dilakukan secara terintergrasi mengenai konsep dasar tomografi, metode *Geiger*, metode JHD, *ray tracing*¸ metode *pseudo-bending*, *forward modelling* dan proses inversinya, serta mencari referensi untuk teori dasar pendukung.

b. Studi Kasus

   Studi kasus dilakukan untuk memahami pengolahan suatu data yang berbentuk sintetik dan diolah dengan menggunakan perangkat lunak *LOTOS* sebagai pendukung dari penelitian yang dilakukan.

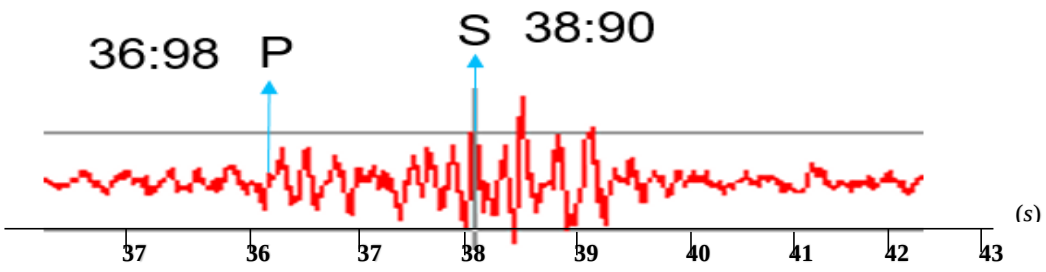
c. Pengumpulan data

   Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan data gempa pada periode 1 Juni 2014 hingga 31 Juli 2014. Data rekaman gempa tersebut didapatkan melalui stasiun seismik yang berada di Gunung Api Anak Krakatau, yang berjumlah empat stasiun. Selain itu menggunakan data lainnya berupa referensi model kecepatan gelombang seismik (Gelombang P dan Gelombang S) di daerah penelitian yang memakai model kecepatan yang mengacu pada PVMBG seperti yang tampak pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Referensi model kecepatan gelombang seismik dari PVMBG

Selanjutnya, data yang diperoleh ialah data waktu tiba kecepatan gelombang P dan gelombang S yang didapat dari *wavefrom*.



Gambar 4.2 Data waktu tiba gelombang sesimik pada stasiun Ac51h saat 17/03 03:16

d. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mengubah data penelitian agar menjadi suatu bentuk informasi berupa penampang bawah permukaan yang ingin diperoleh.

e. Analisis dan Interpretasi

Analisis dan interpretasi data dilakukan agar hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya dapat diinterpretasikan dengan memperhatikan hasil grafik kecepatan gelombang *Vp* dan *Vs* serta tomogram dari hasil inversi.

f. Kesimpulan dan Evaluasi

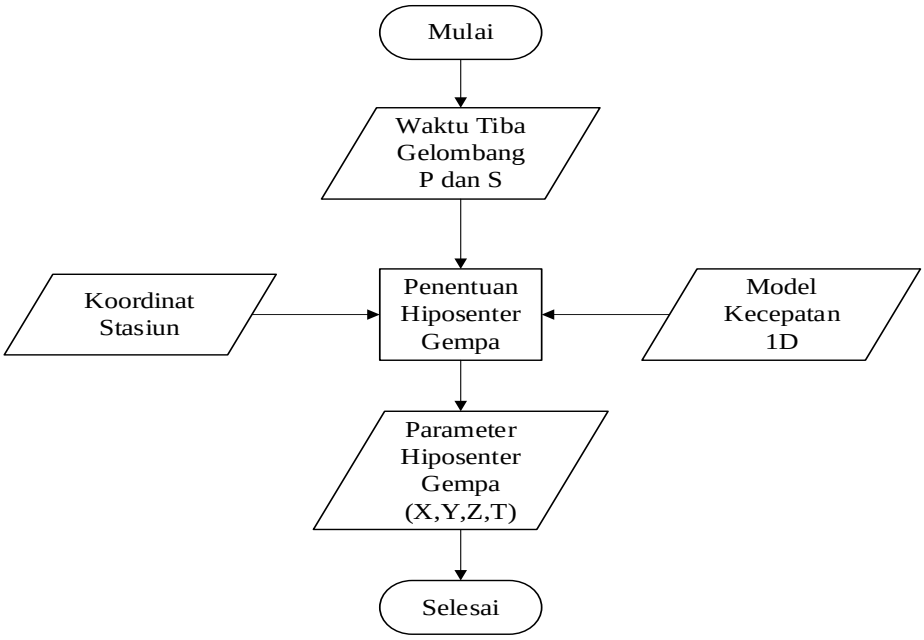
Kesimpulan dan evaluasi bertujuan untuk mendapatkan gagasan dari suatu hasil penelitian yang dilakukan, serta saran untuk disampaikan pada penelitian yang akan datang agar lebih baik dan dilakukan evaluasi jika terdapat analisis dan interpretasi yang belum komprehensif.

g. Penulisan Tugas Akhir

Penulisan tugas akhir yaitu pembuatan laporan berupa penulisan mengenai gambaran menyeluruh tentang penelitian yang dilakukan sampai mendapatkan hasil penelitian sehingga menjadi laporan tugas akhir.

4.2 Diagram Alir Penelitian

4.2.1 Diagram Alir Penentuan Lokasi Hiposenter



Gambar 4.3 Diagram alir penentuan hiposenter

Tahap awal yang dilakukan adalah penentuan inisialisasi lokasi hiposenter gempa menggunakan metode *Geiger*. Metode *Geiger* melakukan proses perhitungan secara iteratif yang menggunakan optimasi *least square* untuk meminimalisir residual *error* atau dengan menghitung selisih *error* antara waktu tiba hasil pengamatan dan waktu tiba hasil kalkulasi. Input pada proses ini adalah *arrival time*

gelombang di setiap stasiun, kemudian diperlukan juga model kecepatan awal 1D (Tabel 4.1) yang didapatkan dari model kecepatan referensi PVMBG dan koordinat stasiun yang merekam *event* gempa.

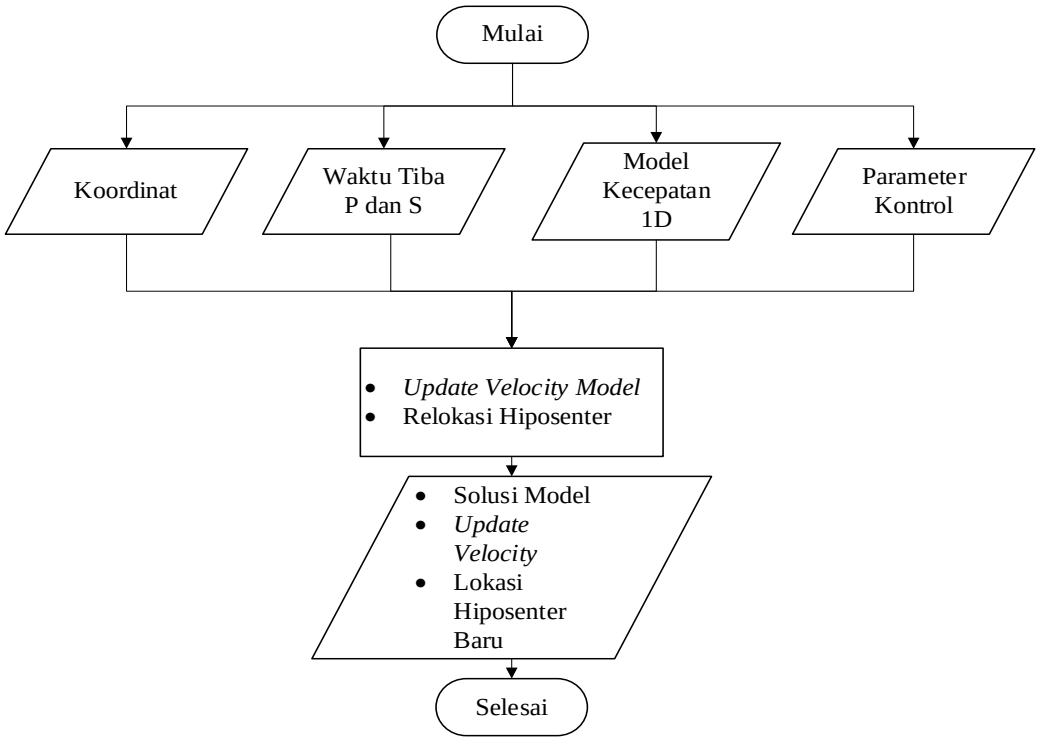
Tabel 4.1 Model kecepatan 1D referensi PVMBG

Kedalaman (km)	***Vp* (Km/s)**	***Vs* (Km/s)**	$\boldsymbol{Vp/Vs}$
-2.00	2.36	1.36	1.74
0.00	2.84	1.65	1.72
2.00	3.16	1.83	1.73
12.00	4.47	2.73	1.64
16.00	5.00	3.10	1.61
18.00	5.48	4.03	1.36
	7.00	4.05	1.73

Penentuan hiposenter gempa dilakukan menggunakan perangkat lunak GAD (*Geigers Adaptive Damping*). Adapun tahapan pengolahan data menggunakan perangkat lunak ini adalah sebagai berikut:

- Membuat file yang berisi data waktu tiba gelombang dalam *notepad* dan disimpan dalam format *Arrival*.dat
- Membuat file yang berisi model kecepatan dalam *notepad* dan disimpan dalamformat *Velocity*.dat
- Membuat file yang berisi data stasiun dalam *notepad* dan disimpan dalam format *Station*.dat
- Menjalankan perangkat lunak GAD.exe dan didapatkan hasil yang terdapat pada file *Result*.dat yang berisikan parameter hiposenter gempa. Kemudian dilakukan *plotting*.

4.2.2 Diagram Alir Relokasi Hiposenter



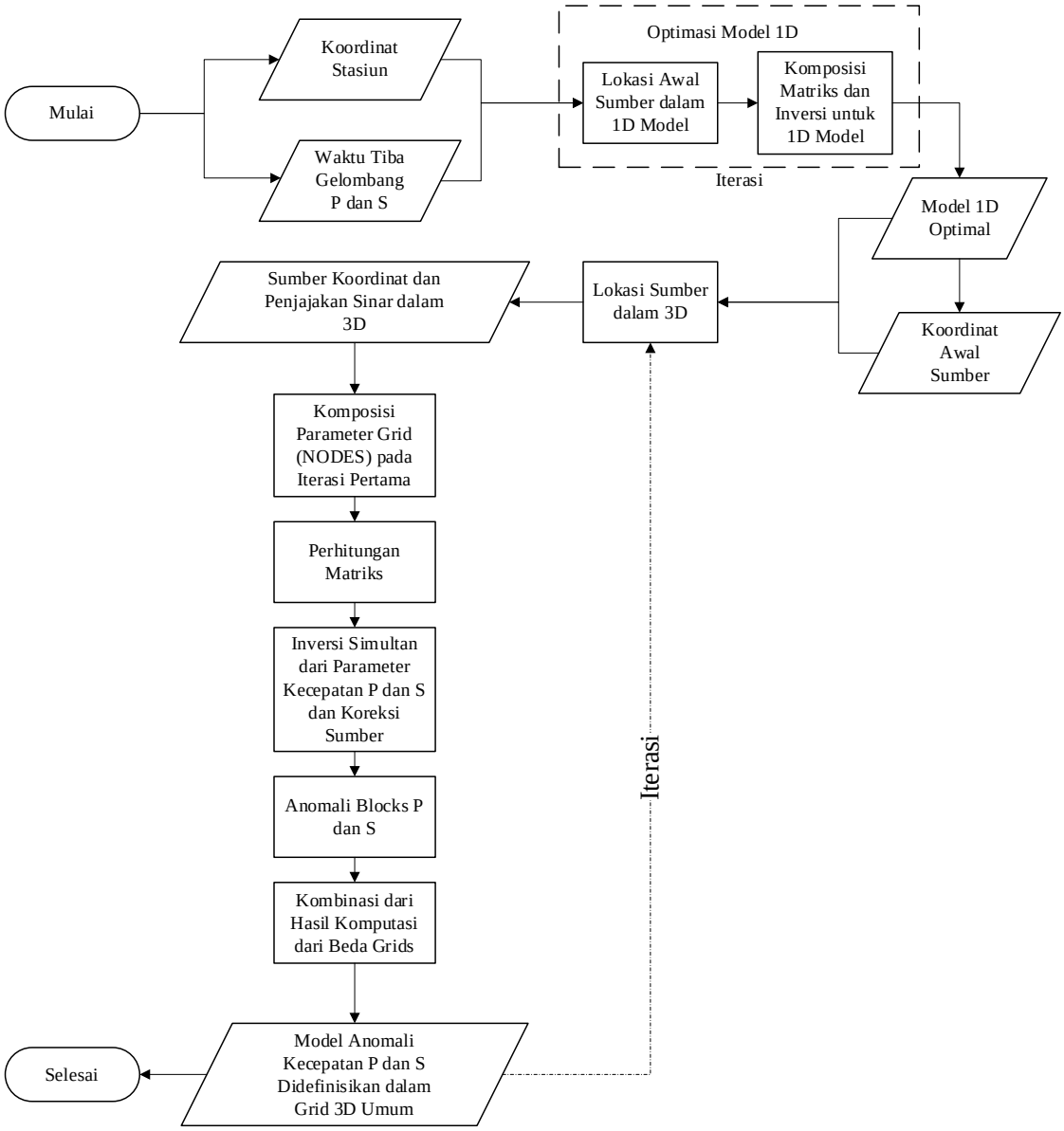
Gambar 4.4 Diagram alir penentuan hiposenter

Proses berikutnya berupa perbaikan model struktur kecepatan 1D, relokasi hiposenter dan koreksi stasiun yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi parameter gempa bumi. Pembaharuan model kecepatan 1D dan relokasi hiposenter ini menggunakan program *Velest*. Adapun tahapan pengolahannya adalah dengan mempersiapkan data input sebagai berikut:

- Mempersiapkan file yang berisi data waktu tempuh gelombang dalam notepad dan disimpan dalam format .CNV
- Mempersiapkan file yang berisi data stasiun dalam notepad dan disimpan dalam format .STA
- Mempersiapkan file yang berisi model kecepatan dalam notepad dan disimpan dalam format .MOD
- Mempersiapkan file yang berisi parameter kontrol dalam notepad dan disimpan dalam format .CMN
- Menjalankan perangkat lunak *Velest33.exe* dan dihasilkan beberapa file yang berisikan hasil relokasi hiposenter, kecepatan yang telah diperbaharui

dan juga koreksi stasiun. Yang kemudian dilakukan plotting pada hasil relokasi hiposenter baru dan plotting pada kecepatan awal serta kecepatan yang telah diperbaharui.

4.2.3 Diagram Alir Tomografi Seismik



Gambar 4.5 Diagram alir tomografi seismik

Secara deskriptif dinarasikan sebagai berikut:

Langkah 0. Pemilihan data untuk optimasi. Dari seluruh katalog data, penulis memilih *event* yang harus didistribusikan serata mungkin. Untuk melakukan hal

tersebut, penulis memilih untuk setiap interval kedalaman *event* dengan jumlah maksimum fase yang direkam.

Langkah 1. Kalkulasi tabel *travel time* dalam model 1D saat ini. Dalam iterasi pertama, model didefinisikan secara manual dengan menggunakan informasi *a priori*. *Travel time* antar sumber pada kedalaman berbeda dengan penerima pada jarak episentral berbeda dihitung dalam model 1D.

Langkah 2. Sumber lokasi dalam model 1D. *Travel time* sinar dihitung dengan menggunakan nilai tabulasi yang diperoleh pada **Langkah 1.** *Travel time* kemudian dikoreksi untuk elevasi stasiun.

Langkah 3. Perhitungan matriks turunan pertama sepanjang sinar dihitung pada iterasi sebelumnya. Setiap elemen dari matriks A_{ij} sama dengan deviasi waktu sepanjang sinar ke- *j* yang disebabkan oleh variasi kecepatan satuan pada tingkat kedalaman ke-*i*. Level kedalaman didefinisikan secara seragam dan kecepatan antara level diperkirakan linier.

Langkah 4. *Matrix inversion* dilakukan secara bersamaan untuk data P dan S menggunakan matriks yang dihitung pada **Langkah 3**. Selain parameter kecepatan, matriks berisi elemen untuk memperbaiki parameter sumber (*dx*, *dy*, *dz*, dan *dt*). Vektor data berisi residu yang dihitung setelah lokasi sumber (**Langkah 2**).

Nilai optimal untuk parameter bebas (koefisien *smoothing* dan bobot untuk parameter sumber) dievaluasi berdasarkan pemodelan sintetis. Inversi dari matriks ini jarang dilakukan dengan menggunakan metode LSQR. Sejumlah variasi kecepatan yang diperoleh dan model referensi saat ini digunakan sebagai model referensi untuk iterasi berikutnya, yang berisi **Langkah 1-4**. Iterasi diulang beberapa kali. Di antara hasil pada setiap iterasi penulis memilih satu dengan RMS minimum dan menggunakannya untuk diproses lebih lanjut.

Langkah 5. Tes Resolusi

Pada penelitian ini dilakukan tes resolusi atau biasa model *Checkerboard Resolution Test* (CRT) untuk meneliti resoluasi blok yang baik. Model *checkerboard* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai +5% dan -5% pada kecepatan gelombang P serta +10% dan -10% pada kecepatan gelombang S

relatif terhadap model awal 1D yang berselang-seling membentuk model papan catur. Model checkerboard ini kemudian dikalikan dengan model kecepatan 1D dan selanjutnya dilakukan proses inversi.