

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Distribusi Hiposenter Gempa dan Mekanisme Vulkanik

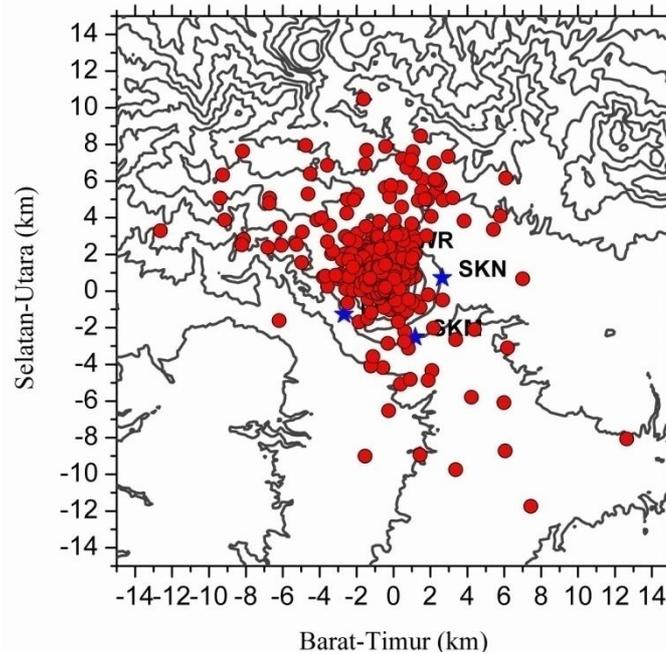
Pada persebaran hiposenter Gunung Sinabung (gambar 31), persebaran hiposenter untuk gempa vulkanik sangat terlihat adanya aktifitas desakan fluida dari bawah menuju permukaan, sehingga menghasilkan retakan (*fracture*) yang menyebabkan terjadinya gempa vulkanik. Gempa-gempa yang terjadi pada umumnya berada di bawah kawah yang aktif.

Dilihat dari gambar persebaran hiposenter Gunung Sinabung, bahwa gempa vulkanik pada Gunung Sinabung terkonsentrasi di kedalaman sekitar 0-4 km bawah permukaan laut, tepat di bawah kawah gunung. Itu mengindikasikan bahwa desakan magma pada Gunung Sinabung sangat aktif pada jangka waktu selama 1 tahun 6 bulan. Gempa lebih banyak menyebar di sekitar stasiun LauKawar (KWR) dan stasiun Mardinding (MRD), berarti bisa dikatakan pergerakan magma lebih condong ke arah bagian barat laut (Gambar 31).

Aktifitas gempa vulkanik pada Gunung Sinabung tiap bulannya mengalami perbedaan aktifitas. Pada tahun 2011 aktifitas dari gempa vulkanik bisa dikatakan konsisten tiap bulannya karena gempanya kurang dari 40 sumber gempa per bulannya. Pada tahun 2012, dua bulan pertama aktifitas masih relatif sama,

kemudian pada bulan maret-mei 2012 aktifitas meningkat dan juni 2012 aktifitas sudah mulai menurun.

Distribusi Hiposenter Gunung Sinabung Januari 2011-Juni 2012



Gambar 31. Episenter gempa vulkanik Gunung Sinabung

Terjadinya gempa gunungapi adalah karena desakan fluida yang mendorong magma ke atas sehingga terbentuk rekahan-rekahan yang membentuk jalan baru magma menuju ke atas. Dari pergerakan rekahan itulah yang menyebabkan gempa vulkanik.

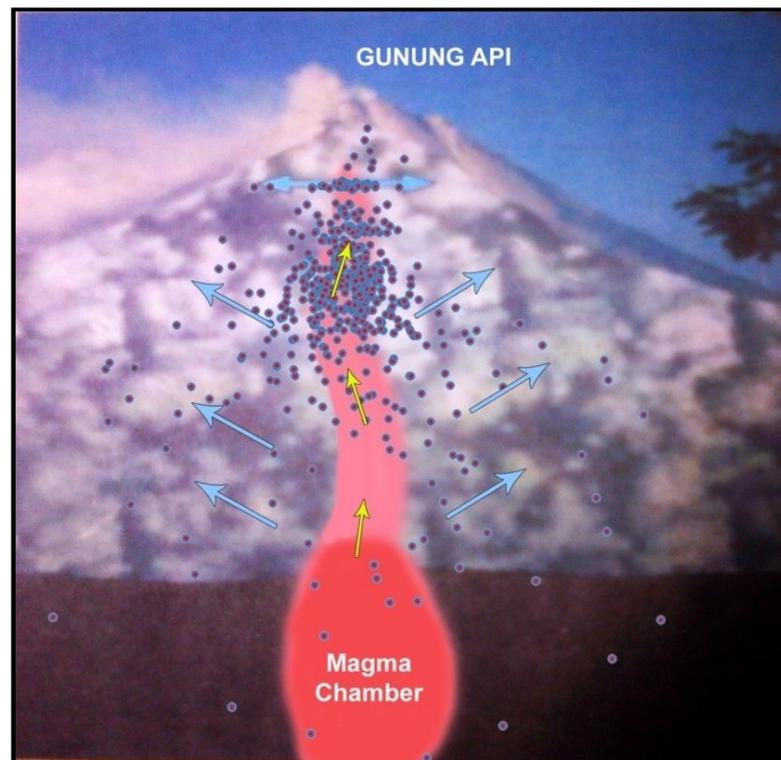
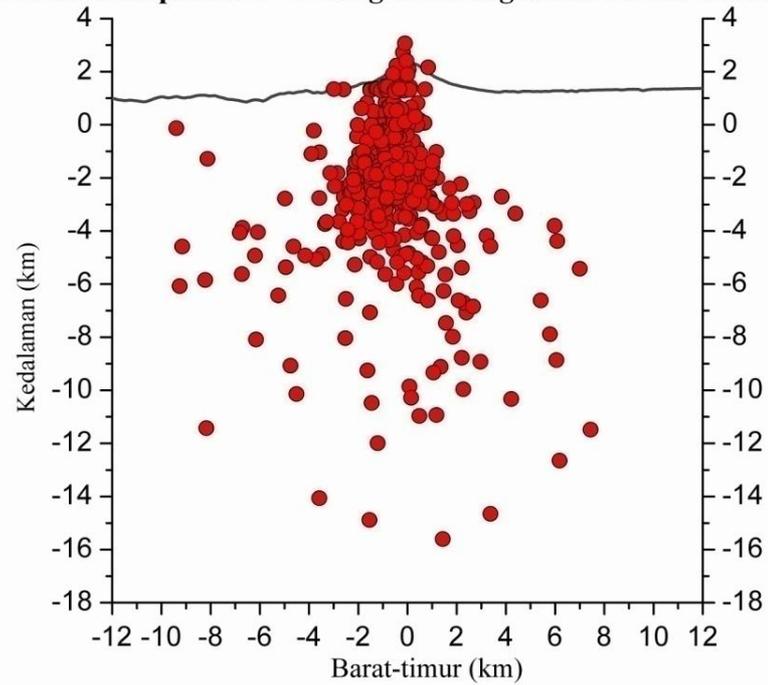
Berdasarkan gambar di bawah ini, bisa diasumsikan mekanisme vulkaniknya terletak di magma camber pada Gunung Sinabung yang dilihat dari barat-timur dan utara-selatan yaitu pada kedalaman sekitar 12 km dpl. Selbihnya adalah rekahan-rekahan yang terjadi karena desakan magma yang menyebabkan gempa bumi sehingga terekam oleh seismometer. Sebelum terjadinya letusan, tubuh gunungapi akan terangkat dan membesar, karena proses gerakan magma yang

menekan permukaan tanah di atasnya yang biasa disebut *inflasi*. Kemudian setelah terjadinya letusan, tekanan magma di dalam tubuh gunungapi telah melemah dan permukaan tanah berangsur kembali ke posisi normal yang sering disebut *deflasi*.

Asumsi model mekanisme vulkanik ini didasari oleh distribusi hiposenter yang ada pada Gunung Sinabung. Pada daerah yang di luar lingkaran retakan, itu merupakan daerah *low frequency*, dimana daerah ini berasosiasi dengan retakan-retakan dan menjangkau kedalaman yang dalam, sehingga frekuensi yang terekam rendah. Sedangkan pada daerah yang masuk ke dalam lingkaran magma *camber*, termasuk daerah *high frequency* dimana pada daerah tersebut memiliki nilai frekuensi >1 Hz, karena memiliki kedalaman yang dangkal, sehingga frekuensinya lebih besar. Magma justru bukan berada pada daerah pas titik-titik hiposenter, tetapi bisa dikatakan pergerakan magma pada kedalaman ini sangat padat dan kedalamannya tidak begitu terletak di daerah yang kosong di sekitar hiposenter.

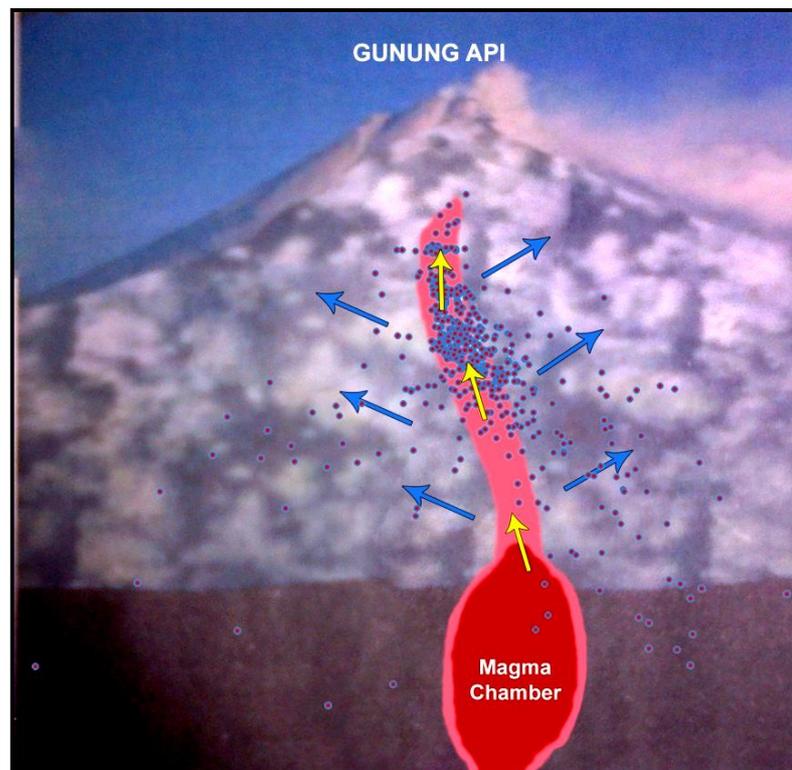
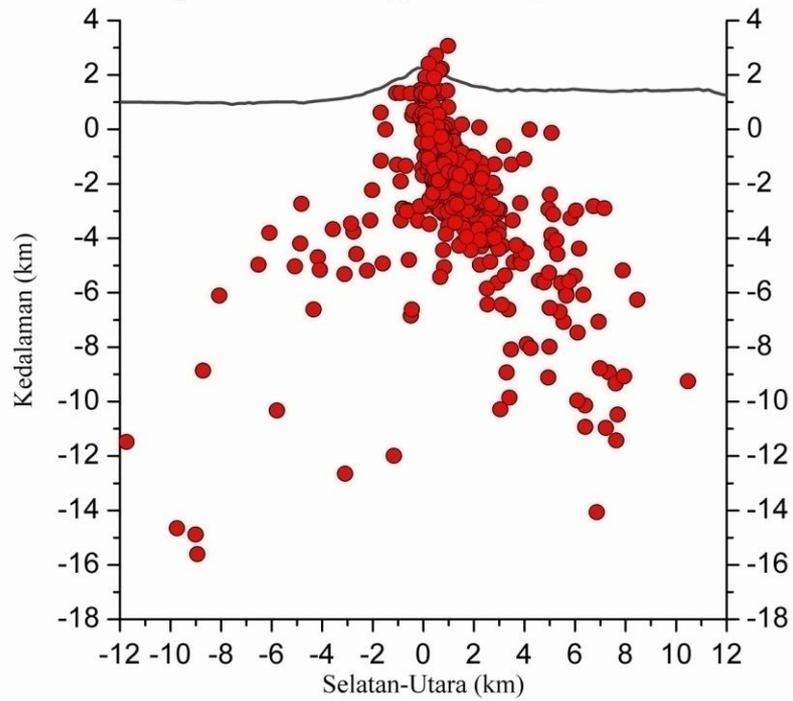
Untuk lebih jelas dalam melihat model mekanisme vulkanik Gunung Sinabung, metode tomografi akan lebih akurat, yaitu dengan menggunakan *low velocity zone*. *Low velocity zone* ini berasosiasi dengan adanya fluida. Fluida tidak bisa dikatakan sama dengan magma, karena fluida adalah zat-zat cair yang terkandung di dalam badan gunungapi, kita tidak mengetahui pasti apa saja zat-zat yang terkandung di dalam perut gunung tersebut. Berdasarkan sumber jurnal PVMBG, 2012 pada acuan letusan Gunung Sinabung Agustus 2010, bahwa aliran lava yang muda dan aliran piroklastik terletak di sekitar utara, yaitu di dekat stasiun LauKawar (KWR) hasil dari meletusnya Gunung Sinabung.

Distribusi Hiposenter Gunung Sinabung Januari 2011-Juni 2012



Gambar 32. Hiposenter (atas) dan model asumsi mekanisme vulkanik (bawah) Gunung Sinabung Barat-timur

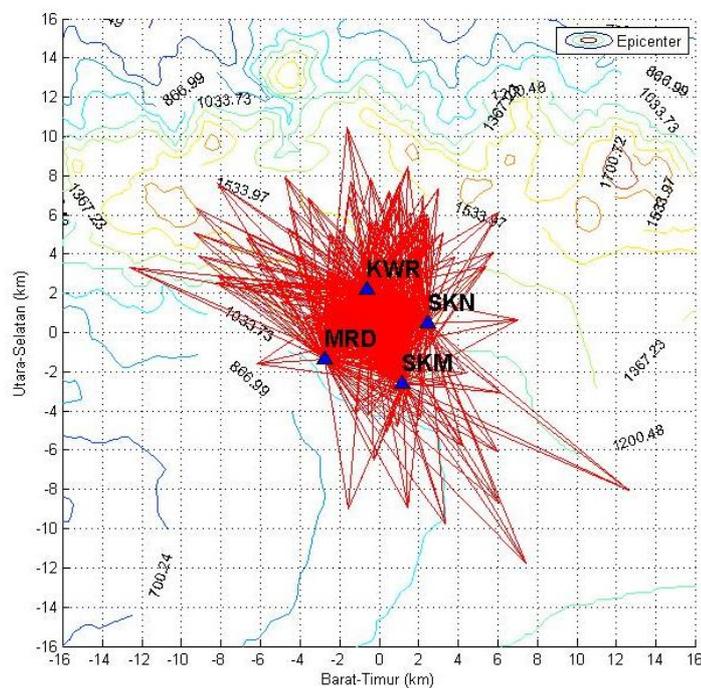
Distribusi Hiposenter Gunung Sinabung Januari 2011-Juni 2012



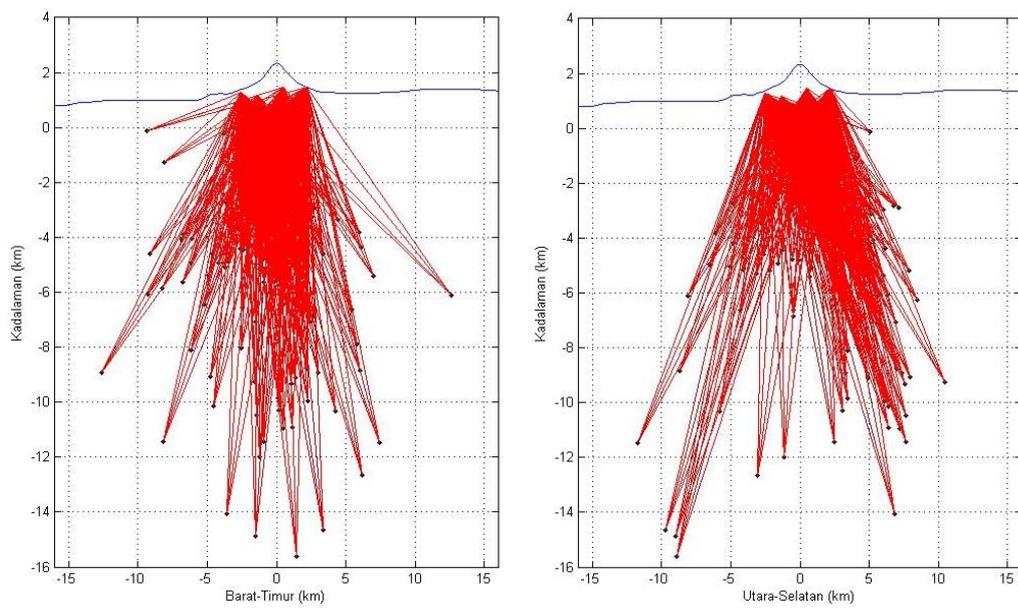
Gambar 33. Hiposenter (atas) dan model asumsi mekanisme vulkanik (bawah) Gunung Sinabung Utara-Selatan

5.2. Lintasan Sinar Gelombang

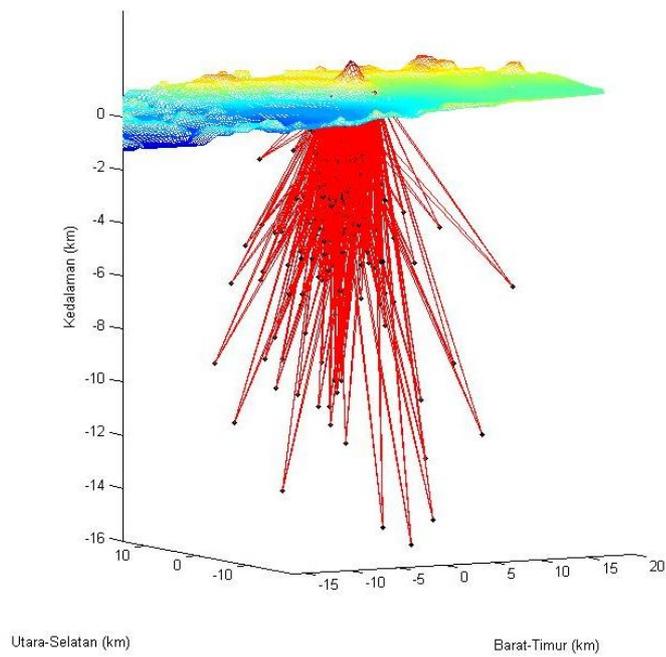
Gelombang gempa yang dipancarkan oleh sumbernya akan menjalar ke segala arah dengan tipe kecepatan dan arah penjalaran bervariasi tergantung pada sifat fisis dan dimensi medium. Untuk medium yang paling sederhana, yaitu medium yang homogen, maka gelombang gempa menjalar sebagai sinar yang berbentuk garis lurus. Pada dasarnya penentuan cakupan sinar gelombang seismik ini adalah untuk persiapan sebelum melakukan *ray tracing* pada tahap tomografi. Tahap pertama dapat ditentukan cakupan sinar gelombang dari sumber gempa yang melintasi tiap blok menuju penerima dengan cara menarik garis lurus dari sumber gempa ke 4 stasiun permanen yang ada di Gunung Sinabung. Dari sekitar lebih kurang 500 sumber gempa dan mempunyai 4 stasiun permanen.



Gambar 34. Lintasan sinar gelombang dalam bidang horizontal



Gambar 35. Lintasan sinar gelombang dalam bidang vertikal barat-timur (kiri) dan vertikal utara-selatan (kanan)



Gambar 36. Lintasan sinar gelombang 3D

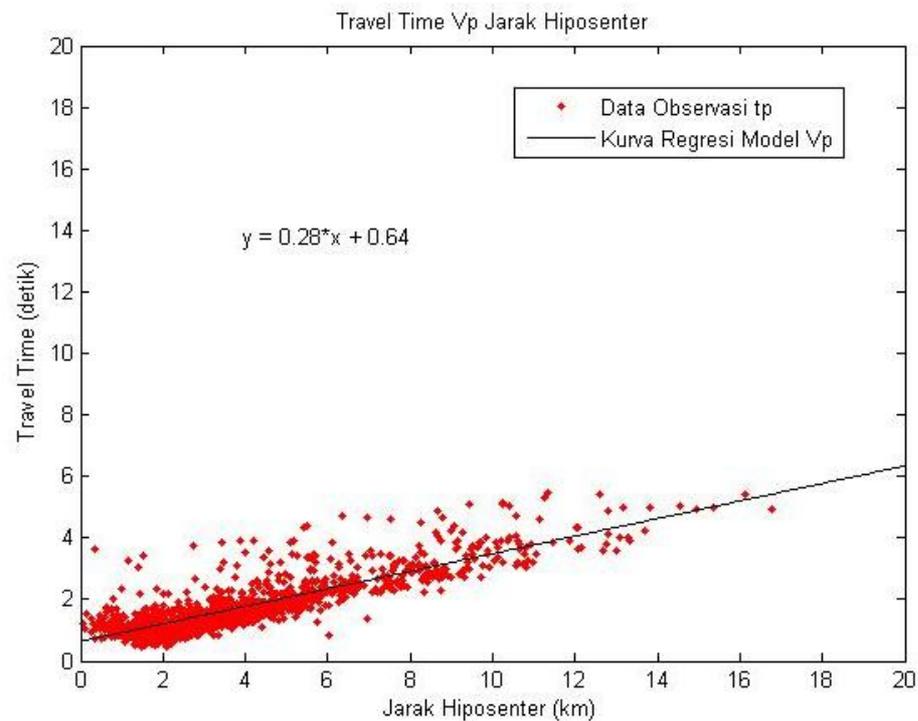
5.3. Penentuan Kurva *Travel Time*

Saat terjadi gempa vulkanik, gelombang gempa akan direkam oleh seismogram pada koordinat dan waktu tiba (*arrival time*) yang sudah diketahui sehingga waktu tempuh (*travel time*) untuk setiap gelombang dapat ditentukan. Kurva waktu tempuh (*travel time*) didapat dari hubungan antara waktu tempuh (*travel time*) gelombang seismik terhadap jarak (dari sumber ke stasiun).

Penentuan kurva kecepatan waktu tempuh (*travel time*) adalah dengan menggunakan hubungan waktu tempuh pengamatan (*observed*) dengan jarak episenter. Bisa dilihat pada gambar. 37, bahwa *plotting* yang didapat adalah sebaran kecepatan dari persebaran hiposenter.

Dimana pada sumbu *y* adalah *travel time* dari gelombang P, yaitu waktu yang dibutuhkan gelombang P dari sumber menuju seismometer atau stasiun. Sumbu *x* merupakan jarak dari sumber (hiposenter) menuju seismometer atau stasiun.

Penentuan *travel time* dengan menggunakan metode Wadati, dimana data yang diperlukan untuk menentukan metode Wadati adalah *tp* dan *ts-tp*, *tp* sebagai *traveltime* (waktu) dan *ts-tp* sebagai *hypocenter distance* (jarak). Persamaan hasil regresi linear dapat dinyatakan sebagai $y=Ax+B$, perpotongan antara garis sumbu ordinat akan memberikan nilai *origin time* (*to*) untuk metode dasarnya yaitu metode Wadati, untuk penentuan kurva *traveltime* adalah sebagai kecepatan dari hiposenter.



Gambar 37. Kurva *travel time* rata-rata

Gambar. 37 menunjukkan nilai kurva *travel time* rata-rata dari semua stasiun, persamaan untuk menentukan kecepatan dari 4 stasiun seperti berikut:

$$\frac{1}{v} = \frac{t}{x} = \frac{6 \text{ s}}{20 \text{ km}}$$

$$v = \frac{20 \text{ km}}{6 \text{ detik}} = 3,33 \text{ km/s}$$

Dari persamaan diatas, bahwa 6 detik adalah *traveltime* atau waktu rata-rata dari regresi linear dan 20 km adalah jarak hiposenter yang produktif berdasarkan regresi linear. Dan hasilnya, mendapatkan kecepatan rata-rata dari hiposenter adalah sebesar **3,33 km/s** kecepatan rata-rata semua stasiun.

Gambar 38 merupakan gambar kurva regresi linear untuk masing-masing stasiun yang ada di Gunung Sinabung. Dari bentuk umum linear $y=Ax+B$, disini yang dibaca adalah nilai dari A atau nilai dari kemiringan regresi linear.

Tiap kurva memiliki nilai A yang berbeda-beda, makin besar nilai kemiringan/gradien maka semakin lama waktu tempuhnya, jadi jarak membesar sedikit butuh waktu yang lebih lama. Untuk gradien landai atau nilai dari kemiringannya kecil, berarti jarak semakin besar, perubahan waktu tempuhnya tidak sebesar gradien tinggi.

Pada stasiun SKN memiliki nilai kemiringan $A = 0,265^\circ$

Pada stasiun KWR memiliki nilai kemiringan $A = 0,256^\circ$

Pada stasiun SKM memiliki nilai kemiringan $A = 0,306^\circ$

Pada stasiun MRD memiliki nilai kemiringan $A = 0,253^\circ$

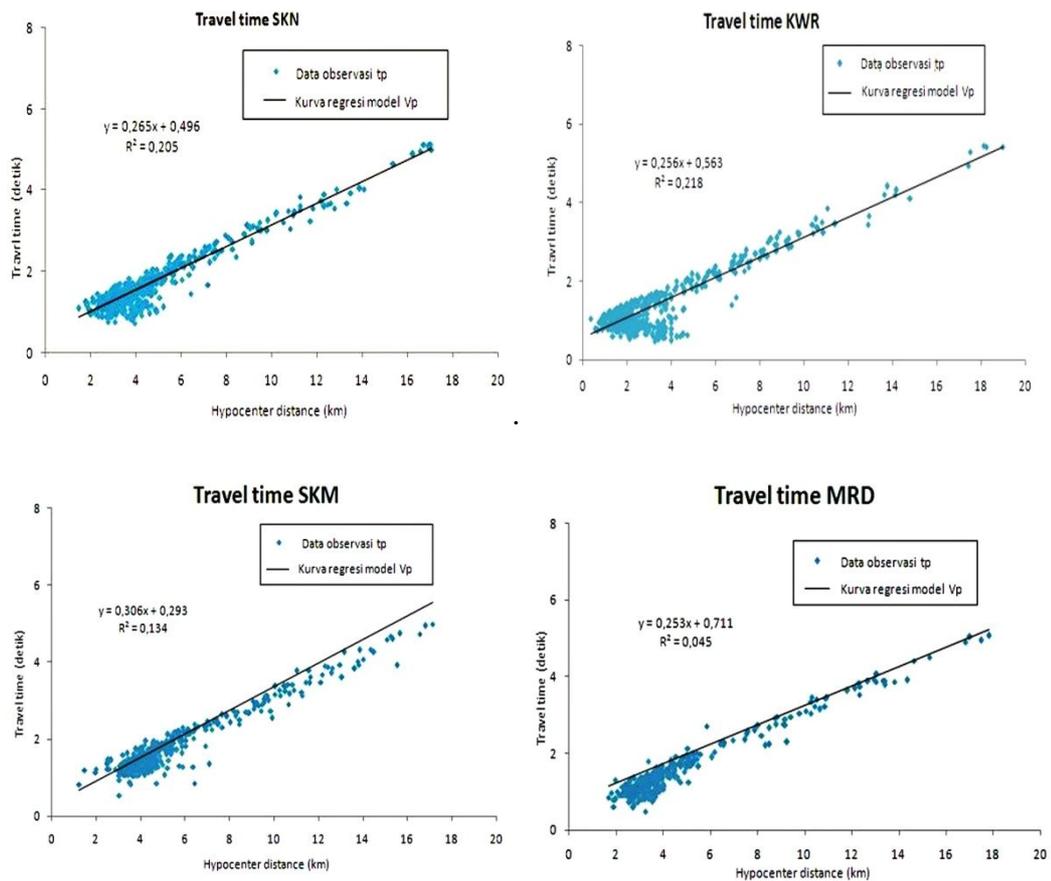
Berdasarkan pernyataan sebelumnya, bisa disimpulkan bahwa pada stasiun SKM memiliki gradien yang paling tinggi berdasarkan nilai kemiringan A, kemudian menyusul pada stasiun SKN, stasiun KWR, dan yang paling kecil atau paling landai adalah gradien pada stasiun MRD.

Dari persamaan regresi linier, untuk menentukan nilai kecepatan tiap stasiun bisa menggunakan $v=1/a$, dimana a adalah gradien, sehingga kecepatan bisa dikatakan berbanding terbalik dari gradien.

Sehingga kecepatan dari tiap stasiun didapatkan seperti berikut:

$$v_{SKN} = \frac{1}{0,265} = 3,78 \text{ km/s} \quad v_{KWR} = \frac{1}{0,256} = 3,90 \text{ km/s}$$

$$v_{SKM} = \frac{1}{0,306} = 3,27 \text{ km/s} \quad v_{MRD} = \frac{1}{0,253} = 3,92 \text{ km/s}$$



Gambar 38. Kurva *Travel time* SKN, KWR, SKM, MRD

Berikut adalah tabel kecepatan dari setiap *event* dengan masing-masing kecepatan di tiap stasiun, dimana nilai kecepatannya didapat dari hubungan antara nilai jari-jari (R) satu sumber gempa menuju 4 stasiun dengan waktu tempuh masing-masing sumber menuju penerima.

Pada tiap lapisan memiliki kecepatan yang berbeda-beda. Dimana pada saat sumber menuju ke penerima, tidak selalu lurus dan mulus, pasti terjadi gangguan fluida atau benda-benda serta zat-zat yang terkandung didalam tubuh Gunung Sinabung, yang menyebabkan proses kecepatan menuju ke penerima terganggu sehingga nilai dari kecepatan semuanya berbeda.

Tabel 3. Nilai kecepatan tiap lapisan

Event	Stasiun	to (s)	tp (s)	Δt (s)	R (km)	Vp (km/s)
1	SKN	23,91	25,09	1,18	4,4716	3,777
	KWR		24,64	0,73	3,7242	5,074
	SKM		25,13	1,22	4,2380	3,462
	MRD		24,76	0,85	3,4470	4,036
2	SKN	24,49	25,61	1,12	3,2769	2,923
	KWR		25,47	0,98	2,6343	2,685
	SKM		25,62	1,13	3,3132	2,929
	MRD		25,41	0,92	2,8951	3,143
3	SKN	15,75	17,60	1,85	5,0854	2,744
	KWR		16,99	1,24	1,9582	1,575
	SKM		17,70	1,95	5,8687	3,005
	MRD		17,21	1,46	3,6734	2,511
4	SKN	7,26	09,15	1,89	4,5046	2,385
	KWR		08,93	1,67	3,5502	2,127
	SKM		09,59	2,33	6,9216	2,972
	MRD		09,59	2,33	6,9620	2,989
5	SKN	39,30	41,67	2,37	5,9751	2,523
	KWR		41,47	2,17	5,1760	2,387
	SKM		41,93	2,63	7,6948	2,928
	MRD		41,87	2,57	7,5962	2,958
6	SKN	3,63	06,89	3,26	9,8081	3,010
	KWR		06,65	3,02	9,1876	3,044
	SKM		07,31	3,68	12,1894	3,314
	MRD		07,47	3,84	12,3063	3,206
7	SKN	11,46	15,29	3,83	11,2518	2,937
	KWR		15,04	3,58	10,5118	2,935
	SKM		15,71	4,25	13,1707	3,098
	MRD		15,52	4,06	13,0520	3,214
8	SKN	44,81	48,71	3,91	12,3149	3,154
	KWR		49,00	4,20	14,1283	3,368
	SKM		48,67	3,87	12,4319	3,217
	MRD		49,21	4,41	14,6296	3,321

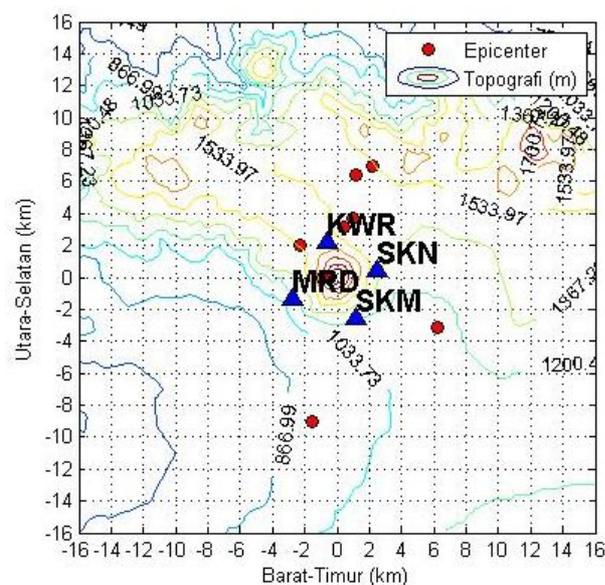
9	SKN	46,63	51,76	5,13	16,7004	3,255
	KWR		52,04	5,41	18,2430	3,372
	SKM		51,23	4,60	15,3206	3,331
	MRD		51,66	5,03	17,0144	3,383

Tingkat ketelitian penentuan parameter hiposenter untuk gempa-gempa pada gunung api vulkanik di suatu daerah dapat ditingkatkan kalau kita dapat membuat model struktur kecepatan gelombang gempa yang lebih sesuai untuk daerah tersebut.

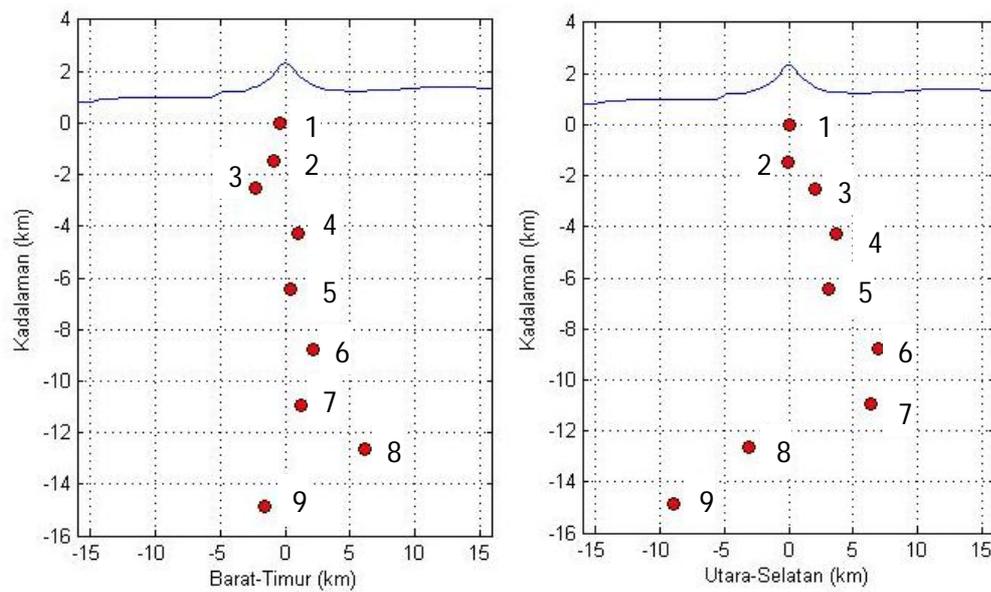
5.4. Analisis karakteristik frekuensi

Dari nilai 9 sumber gempa pada gunung Sinabung, maka perlu juga untuk mengetahui karakteristik frekuensi pada setiap lapisan. Pada dasarnya, untuk frekuensi dominan terbesar pada gempa vulkanik Gunung Sinabung mencapai sekitar 2,18 Hz.

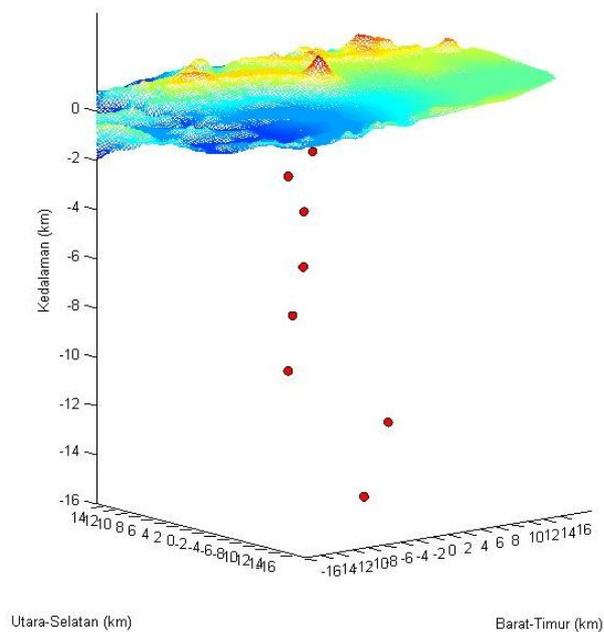
Dibawah ini adalah episenter dan hiposenter sumber gempa yang digunakan untuk menentukan karakter frekuensi pada gunung Sinabung.



Gambar 39. Episenter pilihan Gunung Sinabung



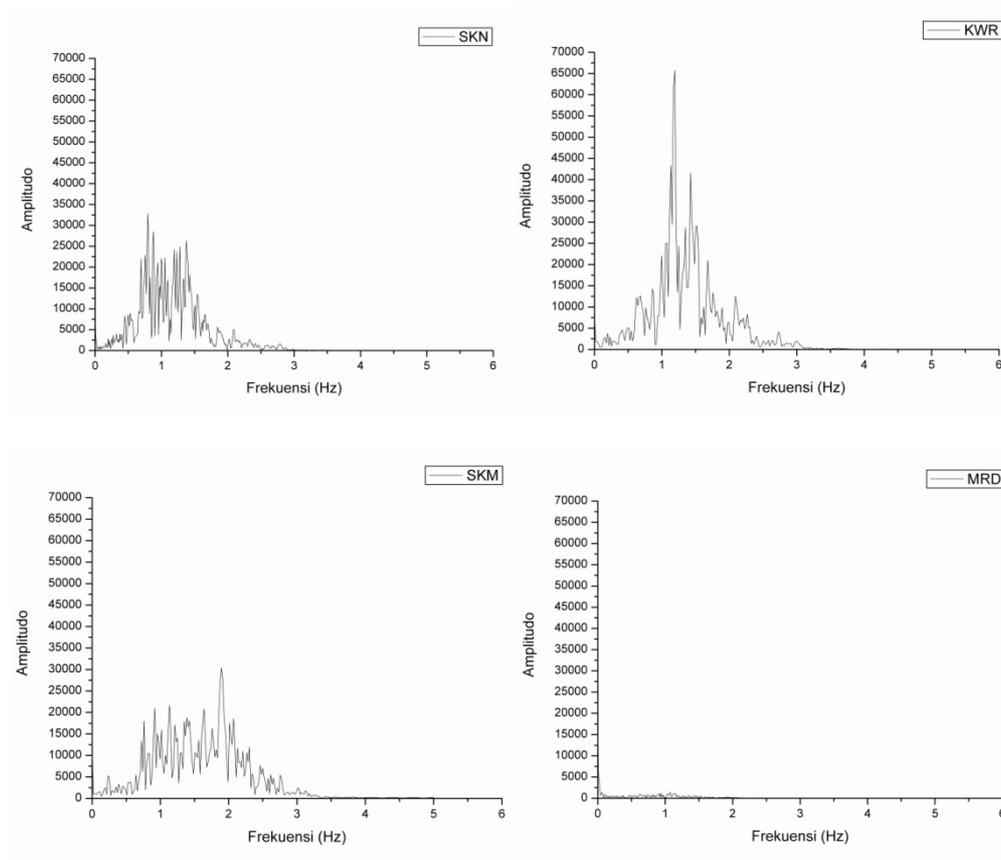
Gambar 40. Hiposenter pilihan Gunung Sinabung



Gambar 41. Hiposenter pilihan 3D Gunung Sinabung

Untuk karakteristik frekuensi pada Gunung Sinabung sendiri sudah memenuhi persyaratan untuk frekuensi gempa vulkanik, berikut ini adalah analisis karakteristik frekuensi di tiap lapisan pada Gunung Sinabung:

a. Ketinggian 2 sampai 0 km diatas permukaan



Gambar 42. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada ketinggian 2-0 km

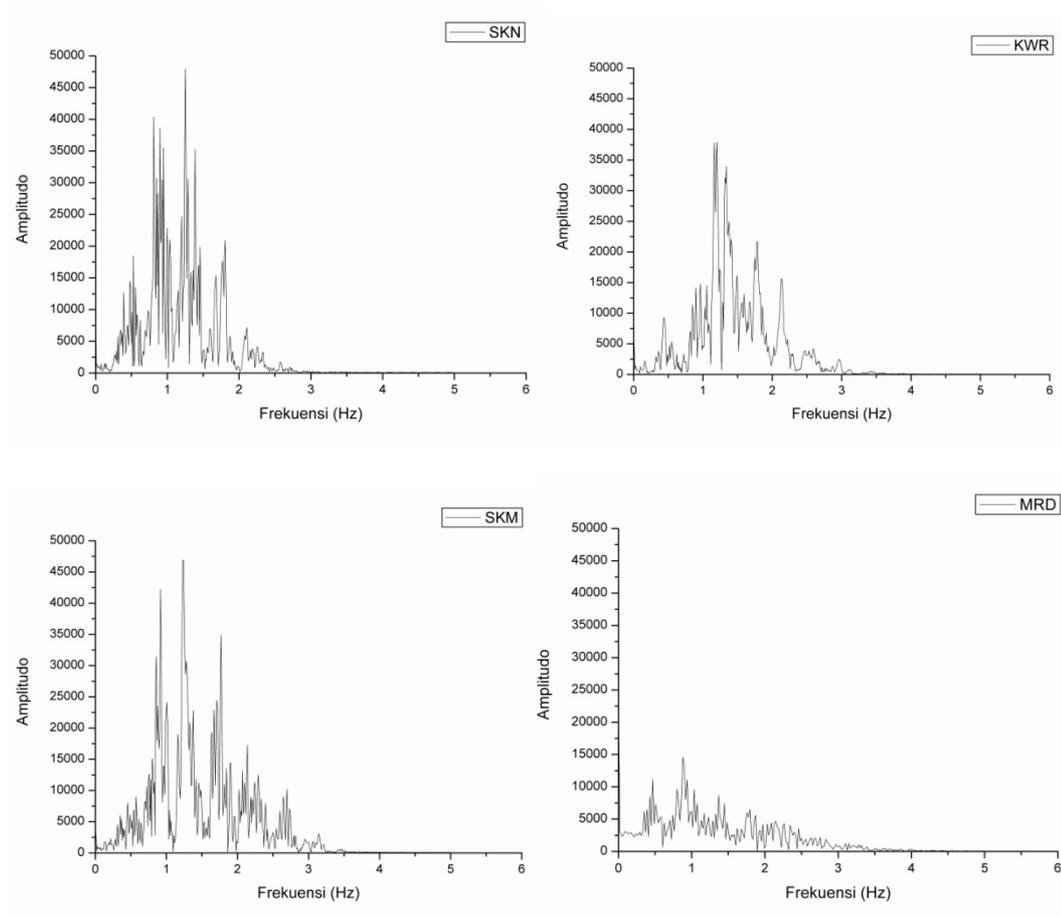
Letak gempa untuk frekuensi ini terletak di lapisan atas permukaan, lebih tepatnya di badan gunung. Ketinggian yang digunakan adalah ketinggian 2 km dari atas sampai dasar lapisan 0 km. *Event* 1 yang digunakan adalah 1204100108 dengan kedalaman 1.46 km dari puncak gunung.

Nilai frekuensi dominan pada stasiun SKN adalah 0,79 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR adalah 1,19 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM adalah 1,89 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD adalah 1,06 Hz.

Energi dari frekuensi di baca dari besarnya amplitudo di setiap frekuensi. Pada ketinggian 2 s.d 0 km diatas permukaan, stasiun SKN memiliki amplitudo sebesar

32775,27 m, stasiun KWR sebesar 65956,68 m, stasiun SKM sebesar 30590,25 dan stasiun MRD adalah sebesar 1426 m. Energi paling besar pada ketinggian ini adalah pada stasiun KWR.

b. Kedalaman 0 sampai 2 km dpl



Gambar 43. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 0-2 km

Pada lapisan pertama di bawah permukaan dengan kedalaman 0 sampai dengan 2 km, yang digunakan pada *event* 2 adalah 1205190902 dengan kedalaman -0,002. Tiap stasiun memiliki nilai frekuensi yang berbeda-beda.

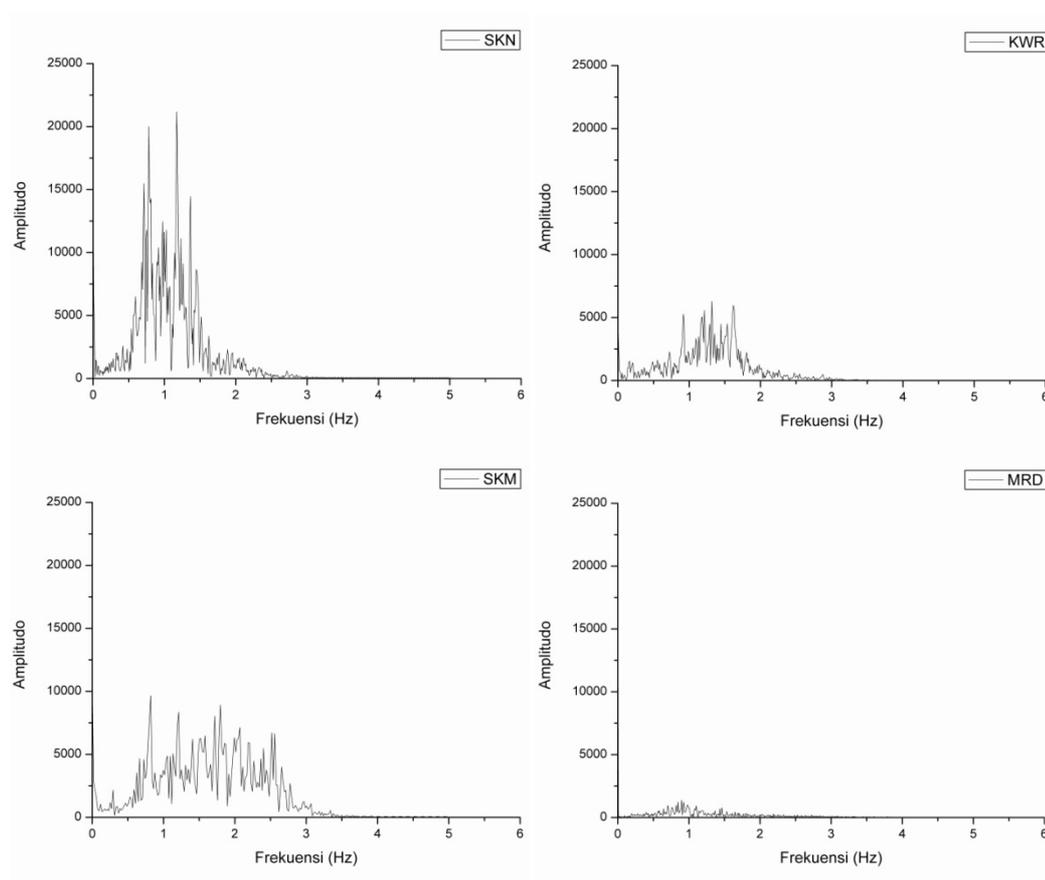
Pada stasiun SKN memiliki nilai frekuensi dominan sebesar 1,24 Hz, stasiun KWR memiliki frekuensi dominan sebesar 1,15 Hz, stasiun SKM memiliki

frekuensi dominan sebesar 1,24 Hz, dan stasiun MRD memiliki frekuensi dominan sebesar 0,87 Hz.

Frekuensi yang terkecil adalah frekuensi di stasiun MRD. Frekuensi dengan kedalaman dangkal ini terekam di sekitar pipa kepundan yang menuju ke puncak.

Energi untuk kedalaman ini yaitu pada stasiun SKN adalah sebesar 48070,4 m, stasiun KWR adalah sebesar 38081,22 m, stasiun SKM adalah sebesar 46839,35 m, dan pada stasiun MRD adalah sebesar 14555,96 m. Energi maksimal pada pusat gempa dikedalaman ini adalah terletak pada stasiun SKN.

c. Kedalaman 2 sampai 4 km dpl



Gambar 44. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 2-4 km

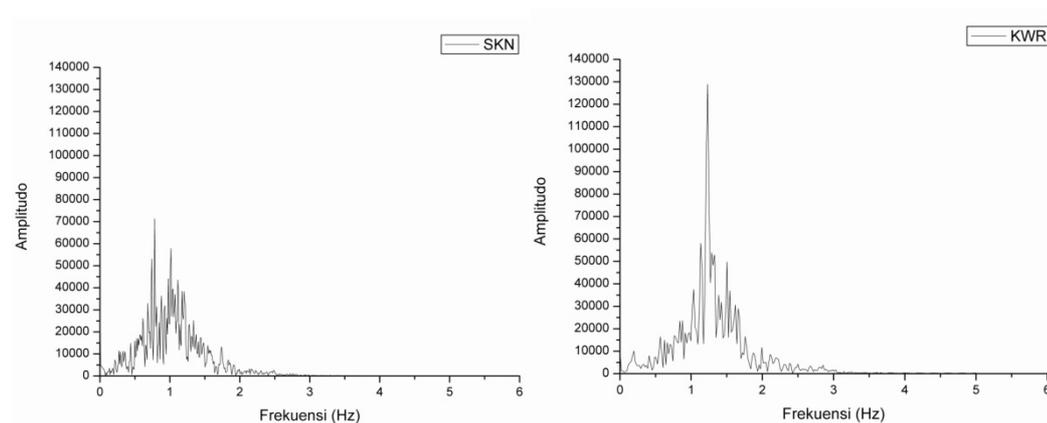
Lapisan kedua dibawah permukaan dengan kedalaman 2 sampai dengan 4 km, pada *event* 3 menggunakan 1204171746 dengan kedalaman -2.537 km.

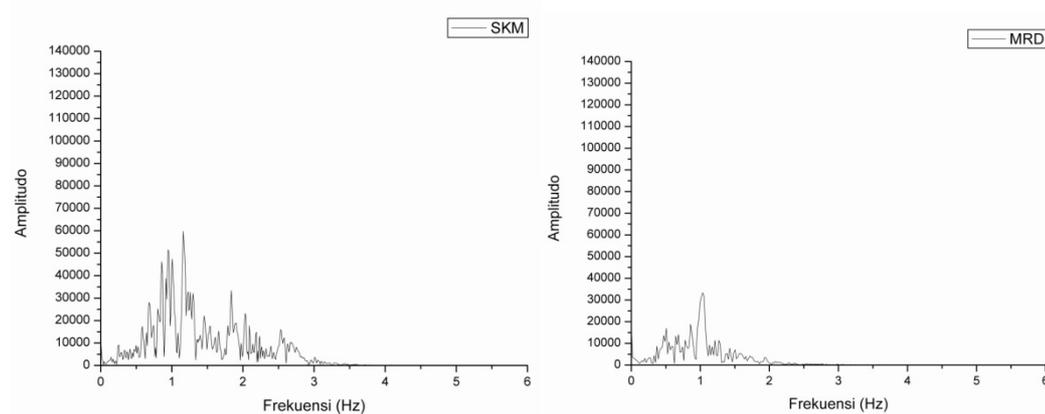
Karakteristik masing-masing frekuensi pada kedalaman ini antara lain, frekuensi dominan pada stasiun SKN sebesar 1.17 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR sebesar 1.31 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM sebesar 0,8 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD sebesar 0,89 Hz.

Frekuensi paling kecil adalah pada frekuensi stasiun MRD, bisa dilihat pada gambar bahwa memiliki frekuensi yang lemah sampai tidak terlalu terlihat puncak frekuensi. Untuk frekuensi pada stasiun SKM memiliki *range* yang besar dan *noise* hampir sama dengan puncak frekuensi yang sebenarnya.

Pada kedalaman ini, energi yang dikeluarkan pada tiap stasiun dimana pada stasiun SKN adalah 21290,61 m, pada stasiun KWR sebesar 6312,63 m, stasiun SKM sebesar 9625,63 m, dan stasiun MRD sebesar 1393,50 m. Energi maksimal pada kedalaman ini terletak pada stasiun SKN dan yang paling kecil energinya adalah pada stasiun MRD dengan jarak yang relatif jauh.

d. Kedalaman 4 sampai 6 km dpl





Gambar 45. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 4-6 km

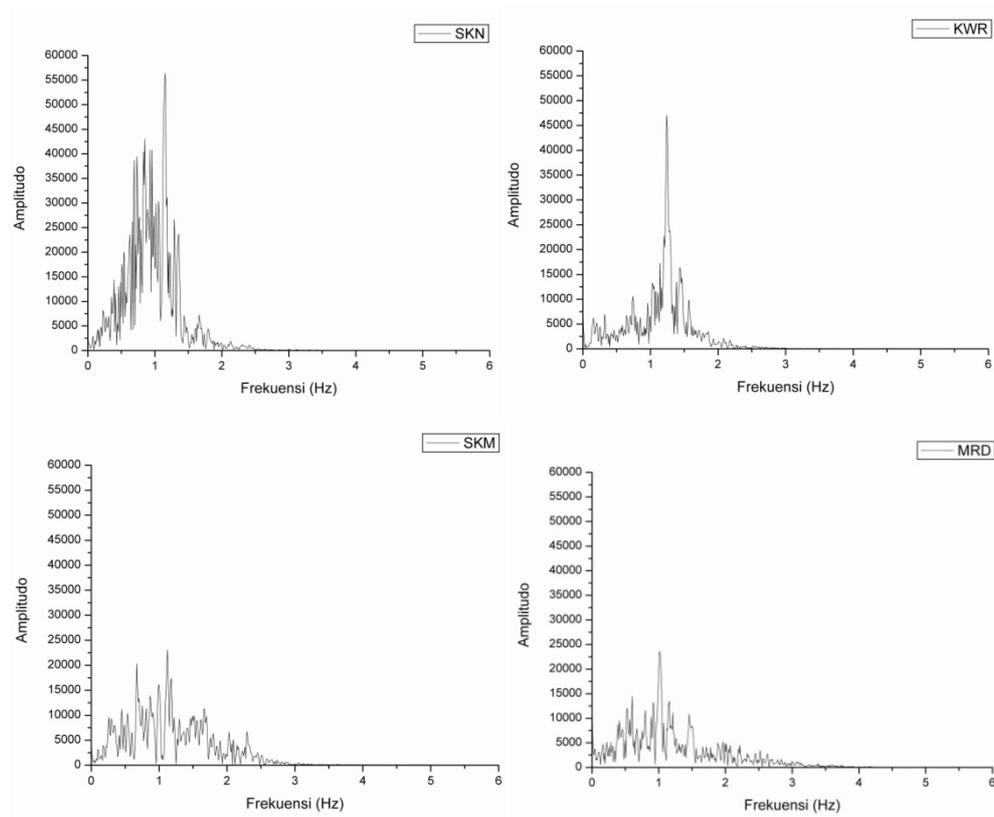
Kedalaman 4 sampai dengan 6 km ini memiliki gempa vulkanik yang baik sehingga semua frekuensi di tiap stasiun memiliki frekuensi yang jelas. Pada *event* 4 menggunakan 1204081601 dengan kedalaman yang digunakan adalah -4,257 km. Frekuensi dominan pada stasiun SKN adalah sebesar 0,78 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR adalah sebesar 1,23 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM adalah sebesar 1,16 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD adalah sebesar 1.04 Hz.

Untuk frekuensi pada stasiun MRD, frekuensi nya sangat baik di bandingkan dengan kedalaman 0-2 km. Diasumsikan bahwa pada kedalaman ini kekuatan gempa nya dekat dengan stasiun, karena letak *receiver* nya di sekitaran lembah ladang warga, mungkin saja mencapai kedalaman 4-6 km.

Pada kedalaman ini merupakan kedalaman yang paling banyak memiliki sumber gempa. Berikut adalah energi gempa pada tiap stasiun di kedalaman 4-6 km, pada stasiun SKN memiliki energi sebesar 71682,31 m, stasiun KWR memiliki energi sebesar 129335,74 m, energi pada stasiun SKM adalah 60776,17 m, dan pada stasiun MRD adalah sebesar 33601,083 m. Energi maksimal pada kedalaman ini

terdapat pada stasiun KWR, dimana energi maksimal disini merupakan energi terbesar dibandingkan energi pada stasiun lainnya.

e. Kedalaman 6 sampai 8 km dpl



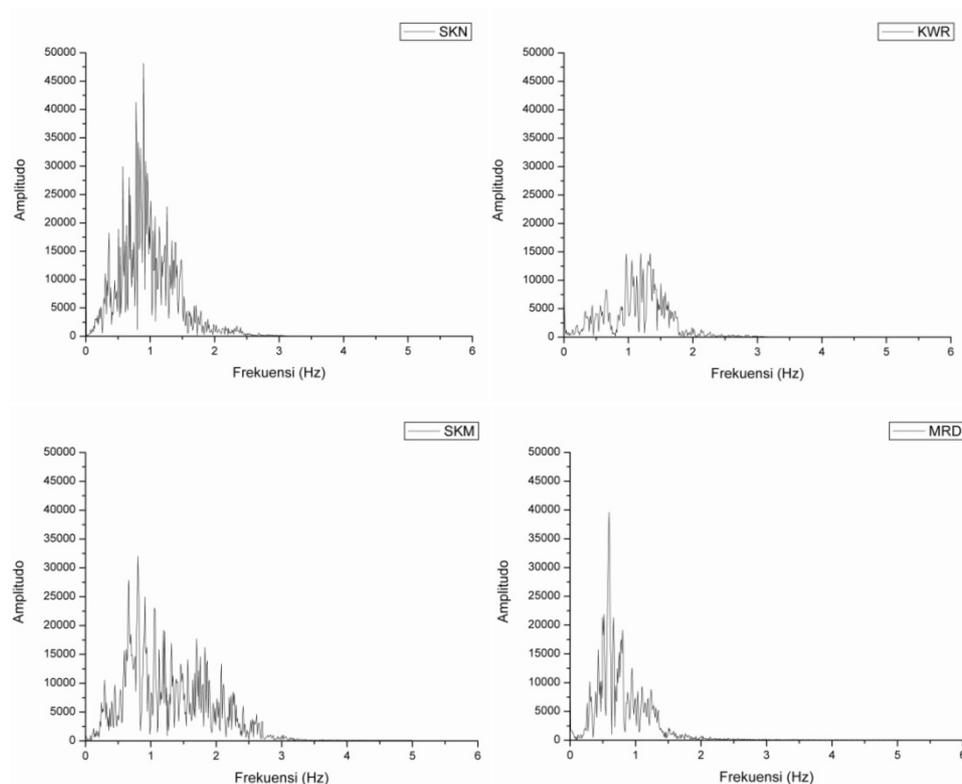
Gambar 46. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 6-8 km

Kedalaman 6 sampai dengan 8 km ini juga memiliki gelombang gempa yang bagus, sehingga juga memiliki frekuensi yang baik seperti halnya pada kedalaman 4-6 km. *Event 5* yang digunakan adalah 1205010726 dengan kedalaman -6.442 km. Frekuensi dominan pada stasiun SKN adalah sebesar 1.14 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR adalah sebesar 1.24 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM adalah 1.12 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD adalah sebesar 1.01 Hz.

Frekuensi terkecil ada pada stasiun MRD. Tetapi pada dasarnya untuk kedalaman ini tidak termasuk kategori *very low frequency (vlf)*, karena nilai frekuensi nya >1 Hz. Bisa dikatakan pergerakan magma pada kedalaman ini sangat padat. Dilihat dari persebaran hiposenter, pada kedalaman ini yang memiliki banyak sekali sumber gempa, dan jelas bahwa semakin banyak gempa maka semakin terlihat bahwa desakan magma terkonsentrasi pada kedalaman tersebut.

Energi pada kedalaman ini tidak mempunyai perbedaan yang mencolok dibandingkan stasiun lainnya, dimana pada stasiun SKN memiliki energi sebesar 56345,01 m, pada stasiun KWR sebesar 47454,87 m, pada stasiun SKM 23095,67 m, dan pada stasiun MRD adalah sebesar 23727,43 m. Energi maksimal terletak pada stasiun SKN.

f. Kedalaman 8 sampai 10 km dpl



Gambar 47. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 8-10 km

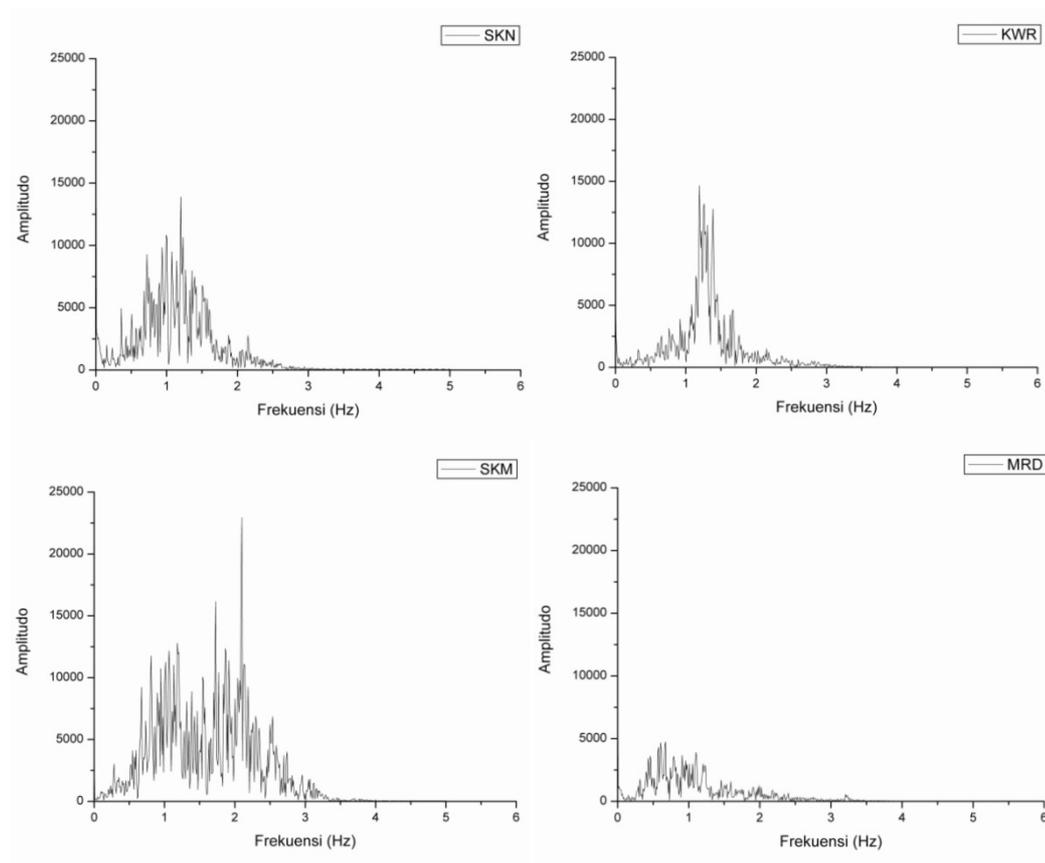
Kedalaman 8 sampai dengan 10 km adalah kedalaman yang cukup dalam untuk sebuah gunung api. Untuk *event* 6 yang digunakan adalah 1103012259 dengan menggunakan kedalaman -8,776 km. Jadi, pada kedalaman ini masih termasuk golongan gempa yang padat karena kedalamannya masih sekitar 8 km.

Frekuensi dominan pada stasiun SKN adalah sebesar 0,89 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR adalah sebesar 1,33 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM adalah sebesar 0,80 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD adalah sebesar 0,60 Hz.

Frekuensi terkecil terdapat pada stasiun MRD. Frekuensi pada stasiun KWR memiliki 3 puncak yang hampir sama, berarti ada gangguan yang besar yang mengganggu dari gempa vulkanik pada kedalaman ini. Bisa jadi dekat dengan danau Laukawar yang mungkin bisa terjadi patahan di sekitar danau.

Untuk kedalaman ini memiliki energi berbeda pada tiap stasiun dimana pada stasiun SKN memiliki energi sebesar 48070,4 m, stasiun KWR memiliki sebesar 14694,58 m, stasiun SKM sebesar 32144,4 m, dan pada stasiun MRD adalah sebesar 39817,69 m. Energi maksimal pada kedalaman ini terdapat pada stasiun SKN.

g. Kedalaman 10 sampai 12 km dpl



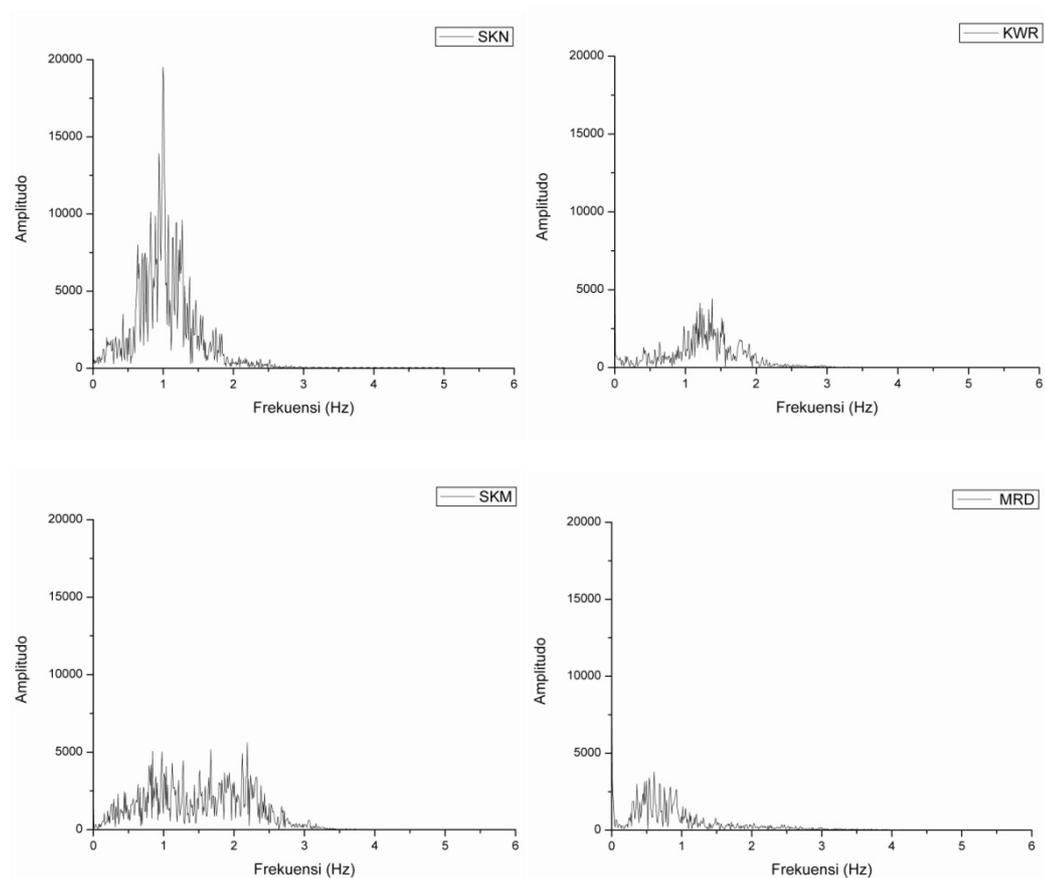
Gambar 48. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 10-12 km

Pada kedalaman 10 sampai dengan 12 km sudah mulai jarang terjadi gempa vulkanik. *Event 7* yang digunakan 1101200845 dengan kedalaman -10,929 km. Frekuensi dominan pada stasiun SKN adalah sebesar 1,2 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR adalah sebesar 1.18 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM adalah sebesar 2,1 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD adalah sebesar 0,67 Hz.

Frekuensi pada stasiun SKM terdapat banyak gangguan tetapi tidak mencapai tinggi puncak dari frekuensi gempa vulkanik. Gempa tektonik dangkal bisa saja terjadi di kedalaman ini, karena tidak terlalu banyak gempa vulkanik.

Energi pada kedalaman ini, paling rendah di bandingkan dengan kedalaman lain karena terlihat pada persebaran hiposenter dimana jarang terjadi gempa di kedalaman ini. Energi nya diantara lain, pada stasiun SKN sebesar 13962,1 m, pada stasiun KWR adalah sebesar 14781,22 m, pada stasiun SKM adalah sebesar 22400,72 m, dan pada stasiun MRD adalah sebesar 4773,68 m. Terlihat energi maksimal terdapat pada stasiun SKM dan paling rendah dibandingkan kedalaman yang lainnya.

h. Kedalaman 12 sampai 14 km dpl



Gambar 49. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 12-14 km

Kedalaman 12 sampai dengan 14 km ini hanya ada 1 sumber gempa yang terjadi.

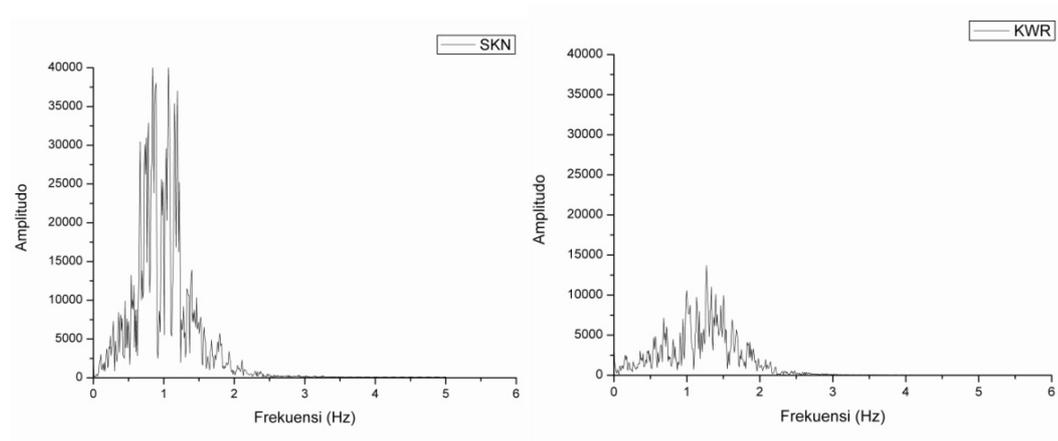
Event 8 menggunakan 1101132236 dengan kedalaman -12,648 km. Frekuensi

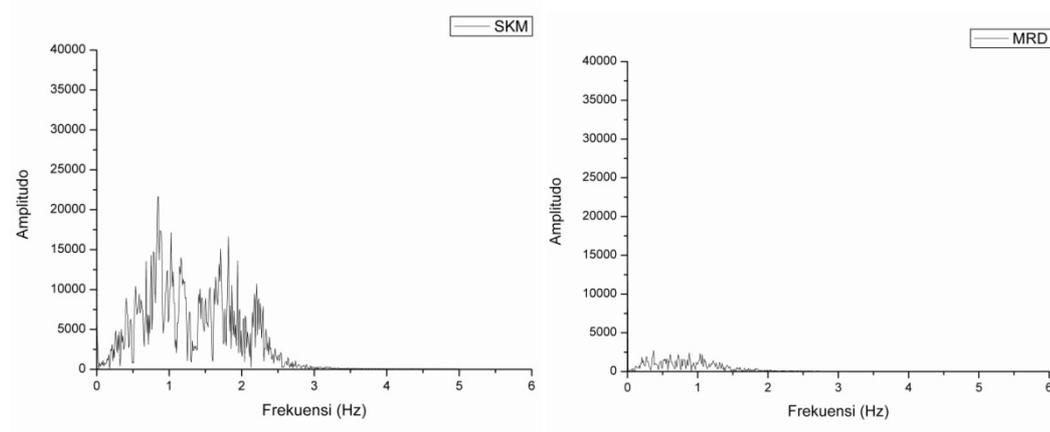
dominan pada stasiun SKN adalah sebesar 1 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR adalah sebesar 1.38 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM adalah sebesar 2,18 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD adalah sebesar 0,60 Hz.

Frekuensi SKM pada kedalaman ini juga memiliki banyak *noise* yang besar karena hampir sama dengan puncak frekuensi gempa vulkanik. Terjadinya *noise* ini karena adanya patahan yang menyebabkan bercampurnya gempa vulkanik dan tektonik di gunung api.

Untuk energi pada kedalaman ini, memiliki energi pada stasiun SKN adalah sebesar 19665,16 m, pada stasiun KWR adalah sebesar 4442,6 m, pada stasiun SKM adalah sebesar 5643,5 m, dan pada stasiun MRD adalah sebesar 3787 m. Energi maksimal pada kedalaman ini terletak pada stasiun SKN.

i. Kedalaman 14 sampai 16 km dpl





Gambar 50. Karakteristik frekuensi tiap stasiun pada kedalaman 14-16 km

Kedalaman gempa terakhir yang terekam pada tahun 2011 sampai juni 2012 adalah pada kedalaman 14 sampai dengan 16 km. *Event 9* yang digunakan adalah 1112150346 dengan kedalaman -14,886 km. Frekuensi dominan pada stasiun SKN adalah sebesar 1,06 Hz, frekuensi dominan pada stasiun KWR adalah sebesar 1,26 Hz, frekuensi dominan pada stasiun SKM adalah sebesar 0,84 Hz, dan frekuensi dominan pada stasiun MRD adalah sebesar 0,36 Hz.

Bisa dilihat secara keseluruhan bahwa, frekuensi pada stasiun MRD semakin dalam semakin kecil dan puncak frekuensi susah untuk dilihat, stasiun MRD ini sangat terlihat sekali perubahannya dari frekuensi kecil, berubah menjadi besar dan semakin kedalam berubah menjadi kecil lagi. Frekuensi pada stasiun SKM dari awal lebih banyak memiliki *noise* dibandingkan stasiun yang lainnya. Untuk frekuensi pada stasiun SKN dan KWR cukup stabil karena sebaran gempa itu bergerak tepat dibawah dua stasiun ini, sehingga rekaman gempanya terlihat baik dan begitu juga dengan frekuensinya.

Nilai frekuensi terkecil adalah pada stasiun SKM, bahwa SKM memiliki frekuensi yang paling dominan lebih kecil di bandingkan stasiun lainnya, tetapi SKM

memiliki *range* frekuensi yang lebih lama dibandingkan gempa-gempa yang lain. Sedangkan frekuensi yang terbesar adalah pada stasiun SKN, yang nilai frekuensinya dominan lebih besar dibandingkan frekuensi pada stasiun lainnya.

Masing-masing sumber gempa di tiap lapisan memiliki karakteristik frekuensi yang berbeda yang bisa dilihat dari nilai frekuensi minimum, frekuensi puncak sampai dengan frekuensi maksimum. Pergerakan gempa pada tiap lapisan melewati berbagai macam jenis medium yang semua itu berbeda-beda. Dibuktikan dengan perbedaan *range* frekuensi tiap stasiun juga yang berbeda.

Begitu juga dengan energi dari frekuensi secara keseluruhan didominasi oleh SKN untuk energi terbesar dan pada stasiun MRD memiliki lebih banyak energi yang rendah. Untuk energi yang paling besar adalah pada stasiun KWR di kedalaman 4 s.d 6 km dpl dengan nilai amplitudo sebesar 129335,74 m dan energi paling rendah adalah pada stasiun MRD di kedalaman 2 s.d 4 km dpl dengan nilai amplitudo sebesar 1393,5 m.

Pengaruh medium pada penjalaran gelombang ke stasiun gempa dianggap sama karena jarak hiposenter lebih besar dibandingkan jarak stasiun. Jadi perbedaan frekuensi di setiap stasiun dianggap berasal dari pengaruh kondisi batuan di bawah stasiun tersebut.