Paper

PENGARUH KERAPATAN KONFIGURASI SENSOR BARU DALAM LOKALISASI EPICENTER GEMPA KECIL SEKITAR SESAR WALANAE

BMKG

Disusun Oleh :

NAMA	:	FIRDAUS MUHIDDIN, S.Si
NIP	:	197707302006041001
JABATAN	:	PMG MUDA
UNIT KERJA	:	STASIUN GEOFISIKA GOWA

Gowa, Mei 2020

PENGARUH KERAPATAN KONFIGURASI SENSOR BARU DALAM LOKALISASI GEMPA KECIL SEKITAR SESAR WALANAE

Oleh :**Firdaus Muhiddin**

(Staff Operasional Stasiun Geofisika Gowa)

Konfigurasi sensor berperan penting dalam kualitas parameter epicentre dan hiposenter hasil analisis signal gelombang seismic yang dipancarkan dari sumber gempa bumi. Kualitas parameter epicentre dan hiposenter yang dihasilkan dari sebuah pengolahan data signal gelombang seismic diukur dengan 3 indikator atau parameter kualitas hasil analisa yakni :

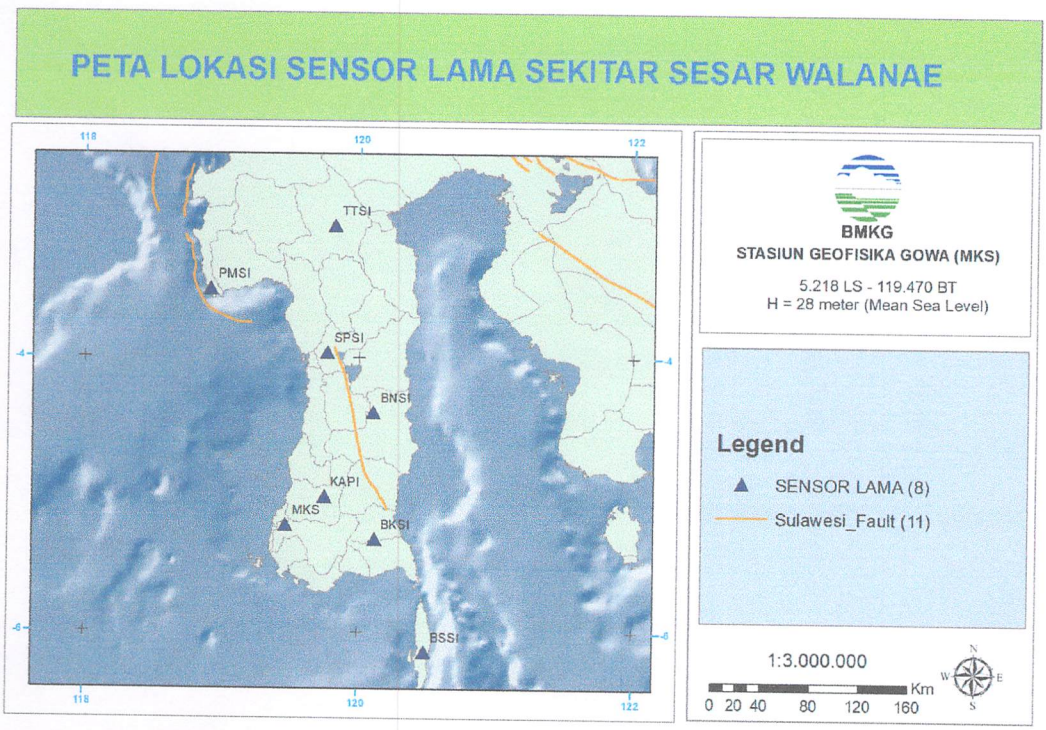
1. Elipsoid error yakni besaran penyimpangan epicentre dalam arah bujur dan lintang. Titik tengah elipsoid error adalah pusat sumber gempa yang diperoleh dari persinggungan atau irisan setiap lingkaran yang titik pusatnya adalah posisi setiap sensor dengan jari-jari yang bersesuaian dengan selisih waktu tiba phase gelombang P dan gelombang S yang diinisiasi atau diidentifikasi melalui proses picking phase. Dengan demikian semakin kecil elipsoid error semakin bagus kualitas lokalisasi epicenternya.
2. Azimuth gap yaitu jarak busur yang terbesar dari coverage (lingkupan) sensor yang merekam signal gelombang dan dipakai dalam analisa lokasi sumber gempa yang diukur dengan satuan derajat. Azimuth gap yang relative kecil (kurang dari 180°) memungkinkan kualitas tingkat akuarasi analisa sumber gempa semakin bagus.
3. Root Mean Square (rms) adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat residu picking phase gelombang seismic setiap sensor dengan pusat sumber gempayang sangat dipengaruhi oleh ketepatan pick gelombang baik itu gelombang P maupun gelombang S. Dengan demikian nilai ideal rms adalah nol yang berarti semakin mendekati nol semakin bagus kualitas pickingannya.

Ketiga indicator tersebut sangat dipengaruhi oleh keadaan konfigurasi sensor seismometer selain tentu saja kualitas hasil picking phase gelombang seismic yang kita lakukan. Jika konfigurasi sensor baik maka setidaknya kita bisa berharap kualitas hasil pengolahan data signal seismic akan lebih akurat dibandingkan jika konfigurasi sensornya tidak memenuhi standard. Konfigurasi sensor yang baik haruslah memperhatikan beberapa aspek penting di antaranya :

1. Posisi Sesar aktif baik sesar mikro maupun makro sebab dimaklumi bahwa gempa bumi digenerate oleh aktifitas pergerakan bidang sesar sehingga peletakan sensor pada titik yg relative jauh dari bidang sesar menjadi tidak efektif.
2. Jenis batuan site peletakan sensor sebaiknya batuan keras atau bedrock sehingga noise yang dihasilkan seminimal mungkin hingga signal gempa tidak berasosiasi dengan noise yang menyebabkan sulitnya memfilter noise dari signal gempanya.

3. Coverage atau lingkupan yakni penempatan sensor sedapat mungkin melingkupi setiap sumber gempa yang mungkin terjadi. Kemungkinan sumber gempa dimaksud bisa merupakan pengulangan dari gempa-gempa yang pernah terjadi sebelumnya atau juga boleh jadi dari sumber gempa baru sekitar sesar aktif atau sesar yang pernah aktif kemudian tidak aktif dan aktif kembali sebagai imbas dari sebuah gempa besar atau efek dari semakin meningkatnya aktifitas seismic di sekitarnya.
4. Kerapatan sensor yaitu jarak antar sensor yang semakin rapat. Faktor kerapatan ini haruslah memperhatikan posisi sesar yang hendak disasar dengan harapan penempatan sensor yang rapat dengan sumber gempa dan rapat antar sensor akan meningkatkan kecepatan dan akurasi hasil analisa parameter gempabumi.

KONFIGURASI SENSOR LAMA SEKITAR SESAR WALANAE

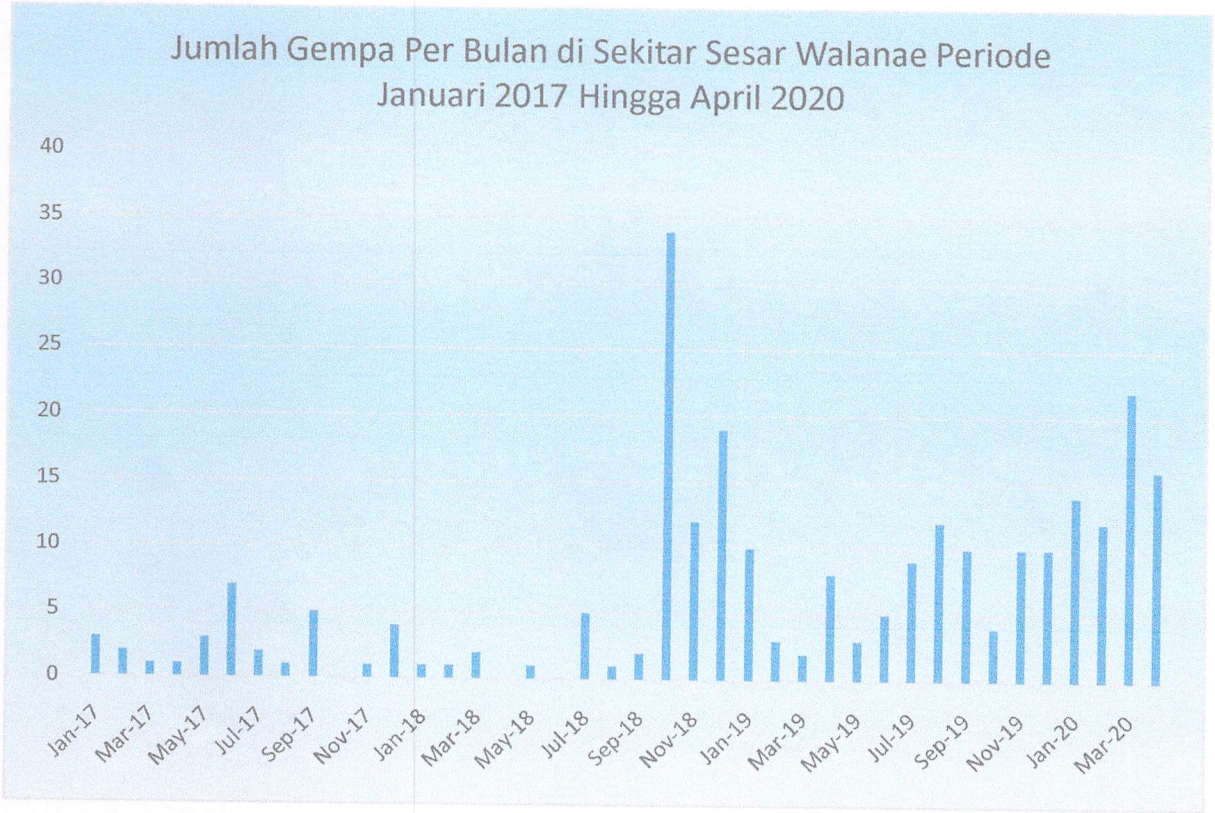


Gambar 1. Peta Lokasi Sensor Lama Sekitar Sesar Walanae

Sebelum Maret 2020 Stasiun Geofisika Gowa dalam analisa lokalisasi sumber gempa menggunakan sekitar 32 sensor yang tersebar di wilayah regional IV yang meliputi Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara yang mengcover sekitar 12 zona patahan aktif termasuk patahan walanae. Dari 32 sensor tersebut, untuk gempa gempa local dengan magnitude kecil sekitar

sesar walanae, sensor aktif yang efektif digunakan dalam analisa adalah relative sekitar 2 sampai 4 sensor dari sekitar 8 sensor yang tersebar di sekitar sesar walanae tergantung magnitude gempanya.

Dalam catatan hasil monitoring stasiun geofisika Gowa, aktifitas sesar lokal khususnya sesar walanae ditemukan adanya trend peningkatan gempa kecil pasca terjadinya gempa Dahsyat di Palu dengan magnitude 7,8 yang terjadi pada akhir September 2018. Jika sebelum gempa besar tersebut rata-rata gempa perbulannya sekitar 2 ± 2 kejadian gempa maka pasca gempa besar tersebut terjadi sekitar 11 ± 7 kejadian gempa setiap bulannya atau meningkat sekitar 5 kali lipat.

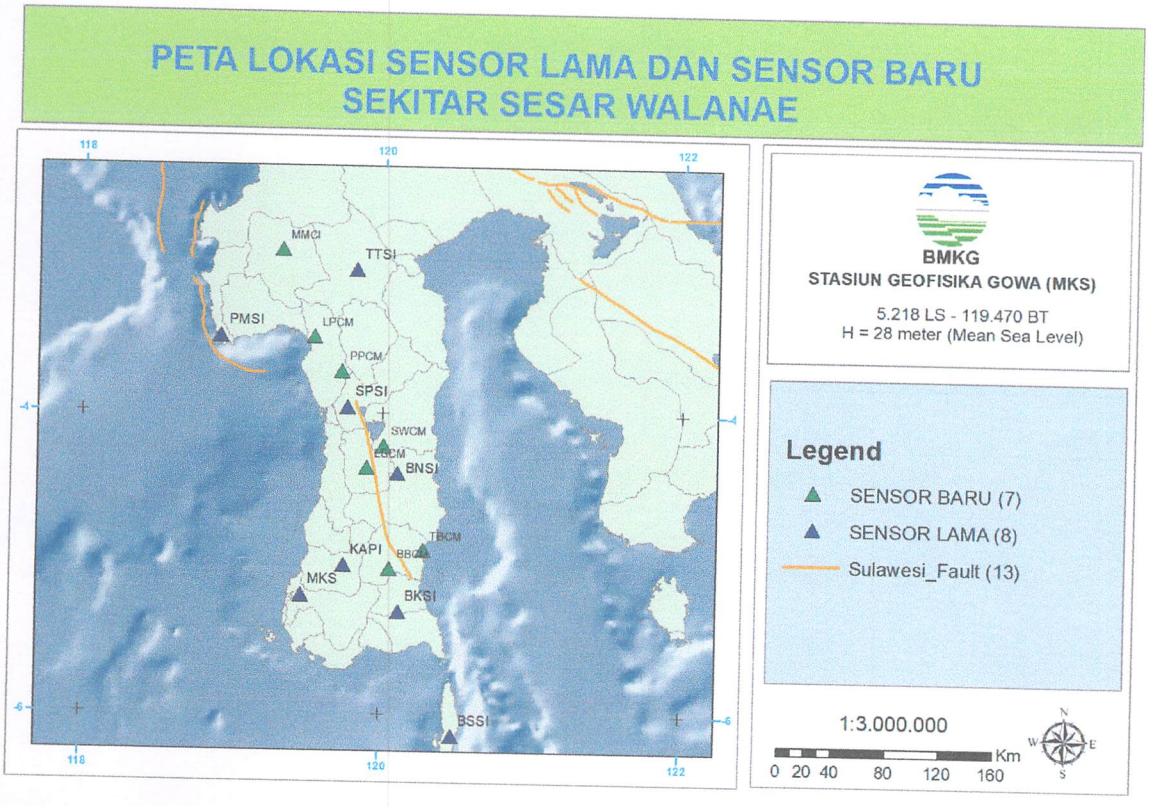


Gambar 2. Grafik Frekwensi Gempa Bulanan Sekitar Sesar Walanae 2017 - 2020

Maka dari itu perlu adanya perhatian lebih dalam monitoring gempa gempa kecil terlebih dalam beberapa kejadian gempa besar seringkali didahului oleh gempa-gempa kecil. Untuk optimalisasi hal tersebut dituntut adanya konfigurasi sensor yang tepat sasaran, coverable dan semakin rapat. Tepat sasaran berarti berada di sekitar sesar yang disasar, coverable berarti melingkupi semaksimal mungkin sumber gempa sehingga azimuth gapnya relative semakin kecil dan jarak yang semakin rapat agar kecepatan relokasi semakin cepat dan akurat.

Dengan latar belakang demikian, maka tepatlah kiranya BMKG Pusat mengeluarkan kebijakan untuk penambahan sensor dalam sebuah system manajemen operasional monitoring dan processing kegempaan. Penambahan sensor itu telah dilakukan di beberapa site yang tersebar di seluruh

Indonesia termasuk di sekitar sesar walanae yang menjadi perhatian dalam kajian ini. Di zona ini telah dilakukan pemasangan 6 tambahan sensor baru yakni di 4 Kabupaten yang di lalui oleh sesar Walanae masing masing di Pinrang 2 titik, di Soppeng 1 titik, di Wajo 1 titik, Bone 2 titik. Sebarannya dapat di lihat pada peta berikut ini :



Gambar 3. Peta Lokasi Sensor Lama dan Sensor Baru Sekitar Sesar Walanae

Selanjutnya keberadaan sensor baru tersebut akan diuji efektifitasnya dalam peningkatan acquisisi dan prosesing signal gempa-gempa local khususnya gempa kecil serta peningkatan akurasi hasil processing signal tersebut.

Aspek yang pertama dapat dilihat dari catatan seismisitas gempa gempa local dengan magnitude kecil (M < 3,0) dengan membandingkan sebelum dan sesudah adanya sensor baru tentu dengan asumsi dalam 2 fase waktu perbandingan tersebut potensi terjadinya gempa local dengan magnitude kecil relative sama. Asumsi tersebut dapat saja diterima jika periode waktu data yang diambil relative panjang dengan memperhitungkan factor yang dapat mempengaruhi peningkatan seismisitas seperti terjadinya Gempa dari MegaThrust. Karena itu periode waktu untuk pengambilan data kami putuskan dari periode pasca gempa Palu magnitude 7,8 sebab gempa tersebut telah secara nyata meingkatkan seismisitas di zona sekitar Sesar Walanae. Maka perbandingan seismisitas

dilakukan antara periode pasca gempa palu sebelum pemasangan sensor baru dan periode sesudah pemasangan sensor baru. Dari olah statistic yang kami lakukan, didapatkan bahwa pada fase pertama rata-rata kejadian gempa per bulan adalah 7,2 ± 3,8 sedangkan pada fase kedua rata-rata gempa per bulan adalah 18,5 ± 2,5 yang berarti terdapat peningkatan seismisitas yang signifikan secara umum untuk seluruh kategori magnitude yakni sekitar lebih dari 100 %. Selain itu yang menarik adalah angka rata-rata untuk kategori gempa mikro atau gempa dengan magnitude kecil dari 2,0. Pada fase sebelum adanya sensor baru angka rata-rata gempa mikro per bulan adalah 0,2 atau dengan pendekatan dapat dikatakan sangat sulit melakukan analisis lokalisasi gempa mikro di fase sebelum adanya sensor baru. Sementara itu di fase setelah adanya sensor baru angka rata-rata gempa mikro per bulan adalah sekitar 3,5 yang berarti keberadaan sensor baru telah cukup signifikan merekam gempa-gempa mikro.

Aspek yang kedua dapat dilihat dari seberapa besar signal sensor baru dapat meningkatkan indicator akurasi hasil lokalisasi gempa. Dalam hal ini dilakukan analisis statistic dan Quality Control (QC) terhadap hasil analisis lokalisasi gempa gempa local dengan magnitude kecil ($M < 3,0$) di sekitar sesar walanae dalam fase ke 2 saja yakni setelah dilakukan penambahan sensor. Analisis ini mengacu kepada prinsip analisis lokalisasi gempa yakni bahwa sebuah event gempa hanya dapat dianalisa dengan minimal 6 phase gelombang atau 3 signal sensor yang sedapat mungkin coverable atau azimuth gap kurang dari 180° sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya. Selanjutnya kelayakan hasil processing data signal gelombang seismic mengacu kepada :

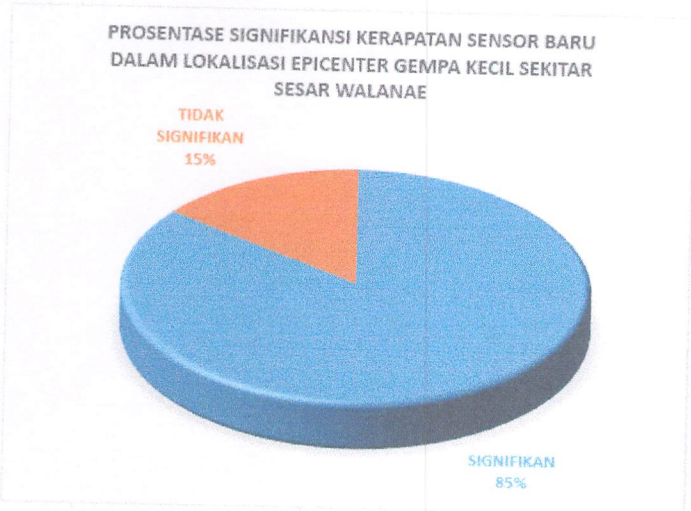
1. Nilai elipsoid error kurang dari 10 km
2. Azimuth gap kurang 180°
3. Rms kecil dari 2,0

Berdasarkan hal tersebut di atas dapat dirumuskan parameter atau ukuran signifikan tidaknya sensor baru berdasarkan kategori berikut :

A. Signifikan jika :
    1. Kurang dari 3 sensor lama plus 1 atau lebih sensor baru
    2. 3 atau lebih sensor lama plus 1 atau lebih sensor baru yang signifikan memperkecil elipsoid epicentre
B. Tidak Signifikan jika :
    1. 3 atau lebih sensor lama sehingga ada atau tidak sensor baru tidak signifikan meningkatkan kualitas lokalisasi epicentre
    2. Ditangkap dengan jelas hanya oleh 2 sensor baik sensor lama maupun sensor baru sehingga tdk qualified untuk didiseminasi

Hasil QC (Relokasi) dan analisis signifikansi pengaruh sensor baru yang kami lakukan ditunjukkan pada tabel berikut :

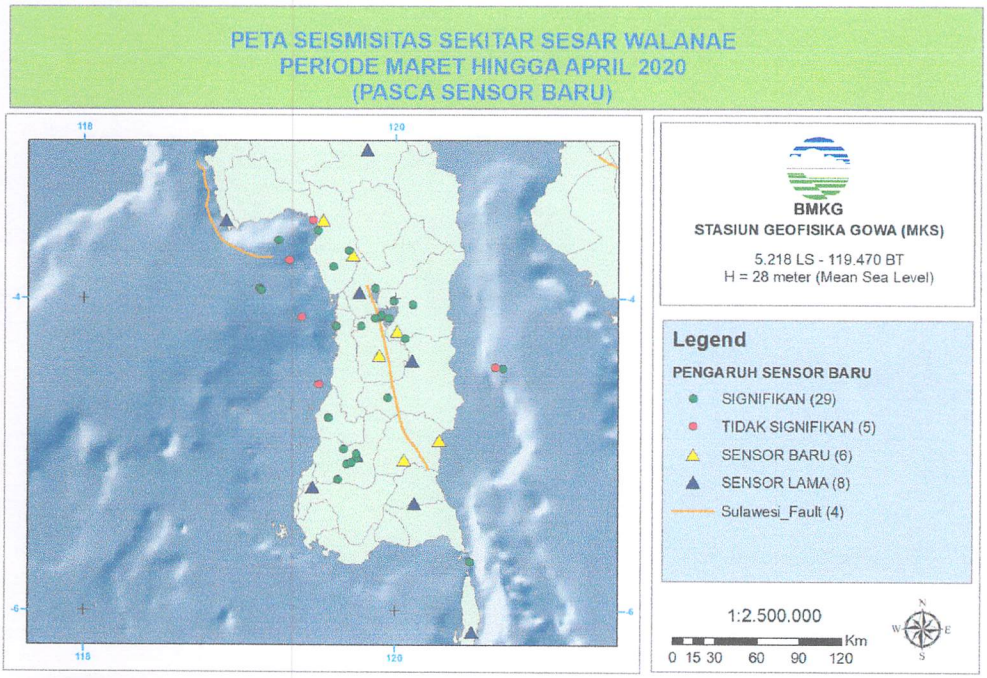
event_ID	Mag	Lattitude	Longitude	Depth	SENSOR BARU : SENSOR LAMA	PENGARUH SENSOR BARU	KETERANGAN
13-03-2020 21:28	2,1	-3,70	119,70	11	3:2	SIGNIFIKAN	
13-03-2020 09:28	2,2	-3,50	119,47	2	1:3	TIDAK SIGNIFIKAN	
14-03-2020 06:03	1,8	-5,17	119,63	7	1:2	SIGNIFIKAN	
14-03-2020 03:35	2,1	-5,03	119,75	3	2:2	SIGNIFIKAN	
14-03-2020 16:02	2,5	-4,12	119,40	1	4:3	TIDAK SIGNIFIKAN	
15-03-2020 06:32	2,6	-3,63	119,25	11	3:3	SIGNIFIKAN	MEMPERKECIL ELIPSOID
24-03-2020 03:45	1,8	-5,00	119,75	6	2:2	SIGNIFIKAN	
26-03-2020 03:10	2,1	-3,94	119,87	12	4:1	SIGNIFIKAN	
26-03-2020 22:10	2,2	-4,12	119,90	19	6:2	SIGNIFIKAN	
26-03-2020 02:54	2,4	-4,18	119,78	7	5:1	SIGNIFIKAN	
26-03-2020 02:06	2,6	-4,12	119,90	20	5:2	SIGNIFIKAN	
26-03-2020 23:09	2,7	-4,13	119,96	12	4:5	SIGNIFIKAN	MEMPERKECIL ELIPSOID
27-03-2020 02:57	2,2	-4,12	119,90	12	5:3	SIGNIFIKAN	
27-03-2020 17:09	2,2	-4,11	119,91	21	5:1	SIGNIFIKAN	
27-03-2020 01:32	2,4	-4,13	119,87	9	6:3	SIGNIFIKAN	
29-03-2020 22:57	2,7	-4,45	120,69	6	3:4	SIGNIFIKAN	MEMPERKECIL ELIPSOID DAN RMS
30-03-2020 23:48	2,5	-4,44	120,64	8	2:3	TIDAK SIGNIFIKAN	
03-04-2020 20:05	1,7	-3,80	119,60	20	5:1	SIGNIFIKAN	
05-04-2020 20:39	1,7	-4,64	119,95	5	3:1	SIGNIFIKAN	
05-04-2020 02:19	2,6	-3,76	119,32	2	3:4	TIDAK SIGNIFIKAN	
06-04-2020 03:46	1,9	-5,07	119,69	13	2:2	SIGNIFIKAN	
10-04-2020 00:25	2,1	-4,26	120,06	14	5:1	SIGNIFIKAN	
11-04-2020 03:47	2,0	-5,06	119,72	15	3:2	SIGNIFIKAN	
13-04-2020 04:10	1,5	-4,97	119,67	9	2:2	SIGNIFIKAN	
13-04-2020 04:33	2,2	-4,55	119,51	10	2:1	TIDAK SIGNIFIKAN	SIGNAL YANG JELAS HANYA KAPI DAN BBCM
13-04-2020 10:21	2,3	-5,69	120,48	15	2:3	SIGNIFIKAN	
13-04-2020 20:09	2,6	-4,04	120,11	10	6:7	SIGNIFIKAN	
13-04-2020 04:34	2,1	-4,77	119,57	0	1:3	SIGNIFIKAN	MEMPERKECIL ELIPSOID
14-04-2020 03:15	1,9	-3,57	119,50	10	3:2	SIGNIFIKAN	
19-04-2020 18:31	2,1	-4,18	119,62	7	3:2	SIGNIFIKAN	
19-04-2020 06:31	2,1	-4,18	119,62	7	3:2	SIGNIFIKAN	
20-04-2020 05:55	2,3	-4,02	119,99	17	3:3	SIGNIFIKAN	
26-04-2020 22:55	3,0	-3,94	119,13	16	7:5	SIGNIFIKAN	MEMPERKECIL ELIPSOID
26-04-2020 23:01	2,7	-3,95	119,14	12	5:4	SIGNIFIKAN	MEMPERKECIL ELIPSOID



Gambar 4. Diagram Prosentase Signifikansi Sensor Baru Untuk Lokalisasi Epic Gempa Walanae

Dari diagram di atas terlihat bahwa dari 34 gempa local dengan magnitude kecil yang terjadi selama periode Maret hingga April 2020, 85 % di antaranya signifikan dipengaruhi oleh keberadaan sensor baru dan 15 % sisanya tidak signifikan dipengaruhi oleh signal sensor baru.

Untuk analisis selanjutnya perlu dilihat sebaran epicentre gempa tersebut dan posisi sensor yang melingkupinya.

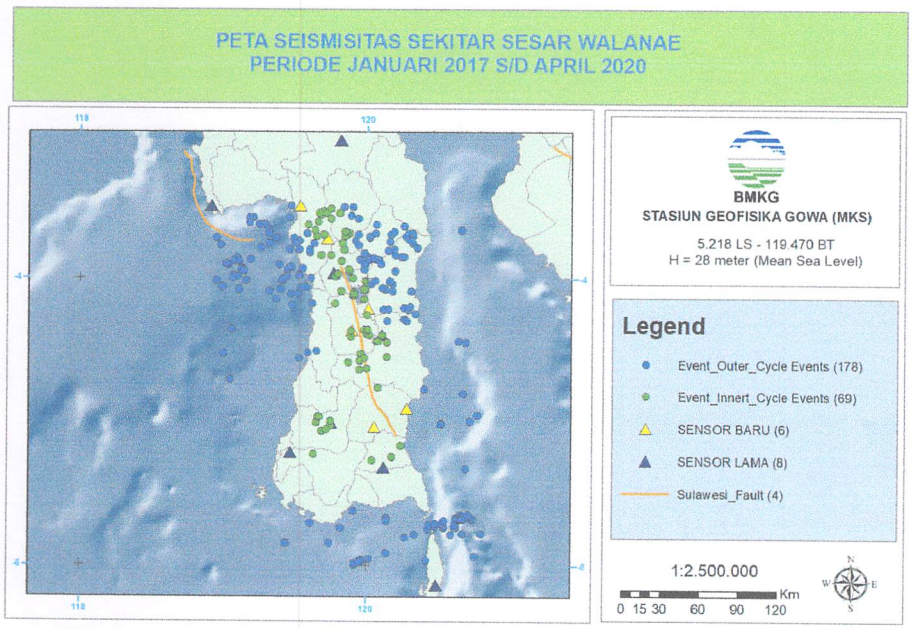


Gambar 5. Peta Seismisitas Pasca Sensor Baru

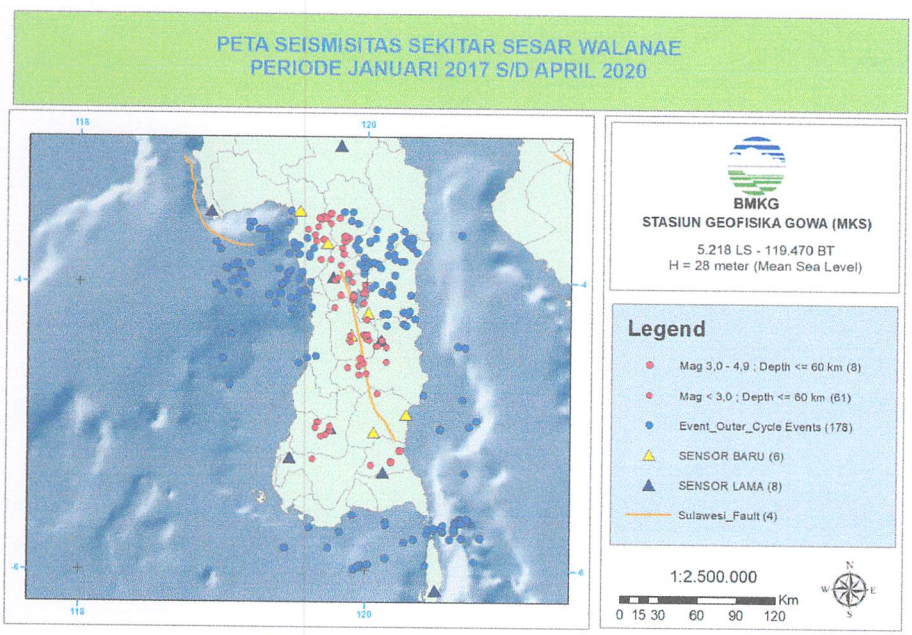
Jika kita perhatikan sebaran gempa yang signifikan dipengaruhi oleh keberadaan sensor baru maka pada umumnya adalah yang berada dalam innert cycle (lingkaran dalam) coverage distributed of sensor. Sedangkan yang tidak signifikan pada umumnya berada di outer cycle (lingkaran luar) coverage distributed of sensor. Sementara beberapa anomaly di antaranya di outer cycle tapi signifikan dipengaruhi oleh keberadaan sensor baru dikarenakan keberadaan sensor baru memperkecil elipsoid.

Hal lain yang perlu menjadi perhatian ialah bahwa keberadaan sensor baru di sekitar sesar walanae belum sepenuhnya efektifuntuk seluruh domain magnitude. Dari data seismisitas periode 2017 hingga sekarang dominan gempa yang terjadi adalah gempa dengan magnitude di bawah 3,0 atau gempa kecil yakni sekitar 77 % yang semestinya dapat dicover oleh seluruh sensor baru tersebut, namun ternyata dari 77% tersebut atau sekitar 191 gempa kecil, maka yang berada dalam innert

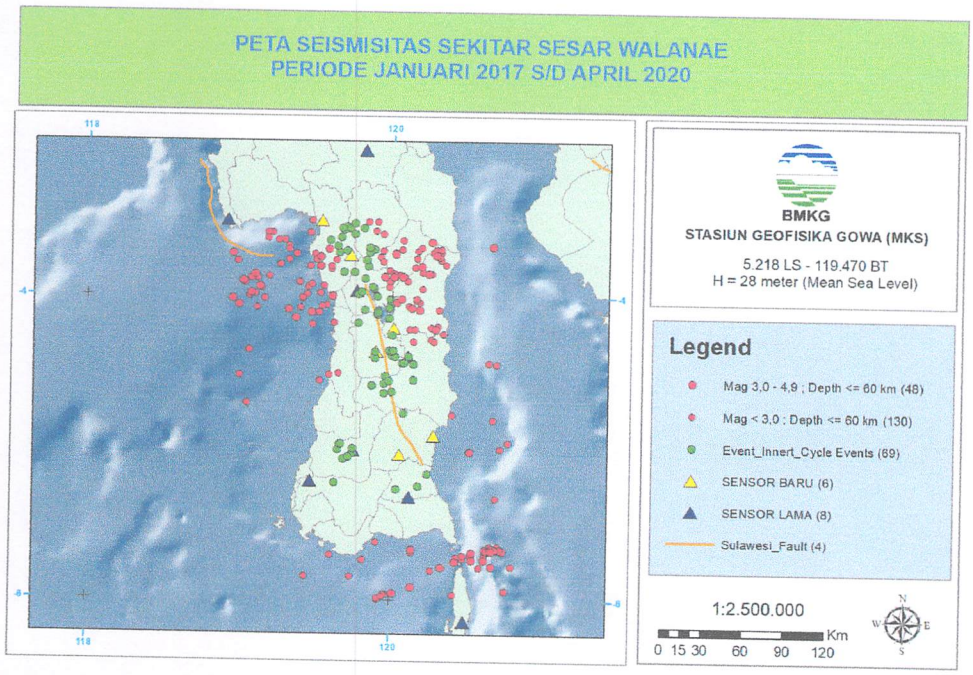
cycle hanya sekitar 61 event atau 31%. Selebihnya berada di luar lingkupan Sensor baru atau outer cycle yakni sekitar 130 gempa kecil yang tentunya dengan akurasi dan kecepatan analisa yang relative lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil analisis di innert cycle. Adapun Gempa Sedang di outer cycle relative bisa ditangkap oleh sensor lainnya di regional 4 Makassar sehingga tidak menjadi masalah.



Gambar 6. Peta Seismisitas Umum Walanae 2017 - 2020



Gambar 7. Peta Seismisitas Terinci Innert Cycle Sesar Walanae 2017 - 2020



Gambar 8. Peta Seismisitas Terinci Outer Cycle Sesar Walanae

Karenanya sangat diperlukan distribusi sensor yang lebih coverable mencakup seluruh sumber gempa di sekitar sesar walanae. Dengan kata lain innert cycle dari distribusi sensor sekitar sesar walanae semestinya lebih besar hingga sedapat mungkin mereduksi outer cycle hingga tereliminir sama sekali.

Gowa, 27 Mei 2020

Disetujui oleh :

Kepala Stasiun Geofisika Gowa

Gandamana Matondang, ST