
**PENGOLAHAN MINERAL ALUMINO FILOSILIKAT SEBAGAI
GROUND ENCHACEMENT MATERIAL (GEM) : Karakterisasi dan
Formulasi.**

Happy Sembiring,¹ Eko Trisumarnadi,¹ Gurharyanto,¹ Agusmen. R¹
¹ Puslit Geoteknologi – LIPI, Jln Sangkuriang, Bandung 40135
Phone +62 (22) 2503654, Fax : +62 (22) 2504593
Email: happy@geotek.lipi.go.id

ABSTRAK

Akhir-akhir ini, penggunaan *Grounding Enchament Material* (GEM) sebagai penangkal sambaran petir semakin banyak dan penggunaannya ditujukan untuk melindungi peralatan elektronik, jaringan komunikasi dan "power problem". Bahan GEM tersebut sampai saat ini masih diimpor. Untuk mengantisipasi hal tersebut, telah dilakukan upaya dengan cara mencari bahan substitusi dari mineral. Untuk mengantisipasi hal tersebut dilakukan penelitian bahan galian berbasis alumino filosilikat yaitu : bentonit, kaolin, gypsum dari Karangnunggal dan bentonit, tufa dari Bojonegoro. Eksperimentasi laboratorium menitik beratkan pada pengolahan mineral alumino filosilikat yaitu karakterisasi, aktivasi dan formulasi; dengan nilai resistivity sebagai tolak ukur. Hasil karakterisasi menunjukkan bahan galian jenis Na bentonit yang paling berpotensi sebagai bahan baku GEM, (resistivity 514 ohm cm). Aktivasi mineral terhadap Na bentonit, dilakukan dengan H₂SO₄ dan HCl 0,1M, 1,0M dan 5,0M dan menghasilkan resistivity Na bentonit dengan nilai terendah 321 ohm cm pada perendaman 1,0M H₂SO₄. Sedangkan dengan melakukan formulasi 70 % Na bentonit; 20 % karbon dan 10 % *hydraulic cement* memberikan nilai *resistivity* terendah sebesar 218 Ohm cm.

Kata kunci : Berbasis, mineral alumino filisilikat, karakterisasi, aktivasi, formulasi, GEM, resistivity rendah.

ABSTRACT

Recently, Grounding Enhancement Material (GEM) is more usefull as a lightning strike in order to protect electronic tools, communication network and power problems . Raw materials of GEM are still imported, so it is impotant to look for substitution materials (mineral). Research was carried out for aluminofilosilicate minerals (bentonite,kaolin, gypsum, feldspard from Karangnunggal and bentonite, tufa from Bojonegor) to anticipated the problem. Laboratory experimentations were focused in aluminofilosilicate minerals processing, especially caracteritation, activation, formulation and resistivity measurement. The results of caracteritation showed that Na bentonite more potential than others as GEM raw materials. (resistivity 514 ohm cm).Na bentonite activation was proseeded with H₂SO₄ and HCl 0,1 M, 1,0 M and 5,0 M. The results showed that Na bentonite restivity was reduced to be lowest ; 321 ohm cm at 0,1 M H₂SO₄. while it was formulated at 70 % Na Bentinite, 20 % Carbon and 10 % hydraulic cement give a lowest resistivity ; 218 ohm cm.

Keywords : *aluminofilosilicate minerals, caracteritation, activation, formulation, GEM, resistivity measurement,*

PENDAHULUAN

Dengan semakin majunya teknologi saat ini, maka upaya-upaya untuk meminimalisir kerusakan-kerusakan yang diakibatkan sambaran petir selalu diperbaharui. Tegangan dari sambaran petir merupakan kendala yang sangat serius, karena efeknya dapat merusak infrastruktur seperti peralatan elektronik, jaringan komunikasi dan “power problem”.

Indonesia mempunyai kerapatan sambaran petir cukup tinggi, yaitu sekitar 5-20 sambaran/km²/tahun (<http://indonet.work.co.id>, 2006). Walaupun pada umumnya bangunan/gedung di Indonesia telah dipasang system proteksi petir, namun tingkat efektivitasnya rendah karena masih sedikit yang menggunakan GEM sebagai *lightning protector*. Dengan demikian perlindungan infrastruktur tersebut mutlak diperlukan

Secara umum, peredaman tegangan yang diakibatkan sambaran petir, dilakukan dengan “rod coaxial”, “cable grounding” dan pentanahan (grounding system). Kenyataannya dilapangan bahwa pemasangan *grounding system* seperti tersebut diatas belum memadai (Mike Holt, 2003).

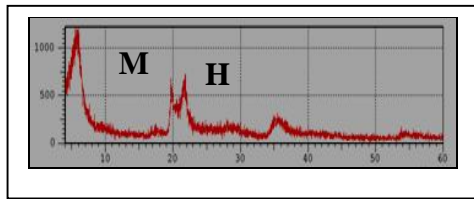
Salah satu upaya untuk meningkatkan efektivitas grounding system adalah memperbaiki pentanahan itu sendiri dengan menggunakan *Ground Enchacement Material* (GEM), yang ditempatkan sebagai “back fill”. GEM komersial, telah diproduksi di USA, dan berdasarkan jenis mineralnya menggunakan bahan utama Alumino filosilikat yaitu; bentonite, feldspar, kaolin dan gypsum. Indonesia, khususnya di pulau Jawa, banyak ditemukan bahan baku seperti diatas, namun harus melalui serangkaian pengolahan/pemurnian.

Pada penelitian ini dilakukan analisis dan percobaan yaitu : karakterisasi, aktivasi, formulasi dan uji resistivity yang bertujuan untuk menentukan jenis mineral yang paling berpotensi sebagai bahan baku pembuatan GEM. Dari hasil analisis, ternyata mineral jenis Na bentonit yang paling berpotensi sebagai bahan baku pembuatan GEM, karena mengandung unsur Al dan Si (semikonduktor) dengan nilai resistivity terendah yaitu 514 Ohm cm. Sedangkan dari hasil percobaan aktivasi dan formulasi Na bentonit memberikan nilai resistivity terendah yaitu 218 ohm-cm, terjadi pada perendaman 1,0M H₂SO₄ dengan formula 70% bentonit; 20% karbon dan 10% hydraulic cement.

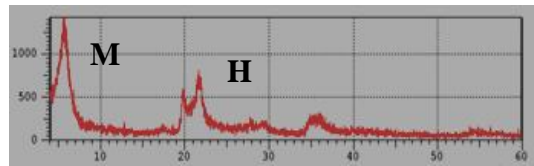
METODOLOGI

Karakterisasi Bahan

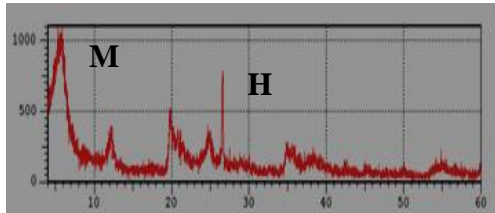
Karakterisasi bahan galian dilakukan dengan analisis difraktometer. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan GEM adalah bahan galian berbasis alumino filosilikat yaitu : bentonit, kaolin, dan gypsum dari daerah Karangnunggal, Jawa barat dan bentonit, tufa dari Bojonegoro, Jawa Timur. Hasil difraktometer, menunjukkan bahwa semua bahan galian tersebut mengandung mineral-mineral utama/berbasis alumino filosilikat seperti monmorilonit, holloysit, kwarsa dan kalsit (lihat Gambar 1).



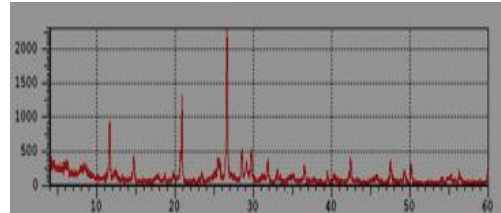
Ca Bentonit, Bojonegoro



Ca bentonit, Karangnunggal



Na bentonit, Karanunggal



Gypsum, Karangnunggal

Gambar 1. Difraktogram Bentonit, Kaolin dan Gypsum

Komposisi kimia mineral-mineral tersebut diperlihatkan pada tabel 1 dengan nisbah mol $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ bervariasi dari 3,37 sampai 6,35. Hasil analisis kimia menunjukkan unsur-unsur pengotor yang dominan adalah Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O dan K_2O .

**Tabel 1. Komposisi Kimia Mineral alumini filosilikat
(Karangnunggal dan Bojonegoro)**

No	Unsur	Hasil Analisis (%)				
		Tufa/Bj	Bentonit/Bj	Kaolin/K	Bentonit/K	Gypsum/K
1	SiO_2	34,12	34,64	58,23	51,79	26,21
2	TiO_2	0,18	0,36	0,30	0,69	0,10
3	Al_2O_3	5,37	8,57	17,27	11,44	7,46
4	Fe_2O_3	2,22	2,54	0,89	4,41	0,45
5	MnO	0,08	0,03	0,02	0,78	0,07
6	MgO	1,29	1,86	0,19	0,57	1,32
7	CaO	21,16	19,52	0,03	0,05	19,96
8	Na_2O	2,48	2,21	1,63	7,31	0,83
9	K_2O	0,97	1,09	1,52	1,65	2,39
10	P_2O_5	1,14	1,33	0,55	0,99	0,46
11	LOI	30,22	26,58	18,11	19,01	40,30
12	Nisbah $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	6,35	4,04	3,37	4,53	3,51

*) Bj : Bojonegoro; K : Karangnunggal.

UJI RESISTIVITY

Tinjauan berdasarkan sifat bahan

Pada umumnya material dibagi atas 3 golongan yaitu ; konduktor, semi konduktor dan isolator. Secara komersial, semikonduktor yang digunakan adalah material/mineral yang mempunyai resistivity 10^{-4} sampai 10^4 (Van Vlack, 1983). Namun mineral-mineral yang berada pada kisaran tersebut, yang dipilih adalah mineral silikat, karena relatif mudah didapat dan mempunyai tahanan relatif besar diantara bahan semikonduktor yang ada yaitu 10^3 ohm-cm. Dengan demikian pada saat tegangan tinggi menyentuh mineral semikonduktor tersebut, sebagian besar diserap terlebih dahulu untuk menimbulkan medan listrik. Dengan terbentuknya medan listrik, maka bahan semikonduktor berubah menjadi bahan konduktor. menjadi bahan konduktor.

Tinjauan sifat semikonduktor

Menurut Diode Zainer, untuk merubah bahan semi konduktor menjadi konduktor, diperlukan energi sehingga menimbulkan medan listrik. Silikat mempunyai eV 4, sedangkan Al eV 3 dan P eV 5. Hal ini berarti P mempunyai kelebihan 1 eV dibanding silikat, sehingga dengan energi yang sedikit akan merubah bahan semikonduktor menjadi konduktor (Reka Rio.S, 1999). Sebaliknya Al mempunyai eV lebih rendah dari silikat, sehingga membutuhkan energi yang lebih besar untuk merubah dari semikonduktor menjadi konduktor. Pada umumnya, petir melepaskan energi yang tinggi. Agar energi petir tersebut dapat terserap dengan maksimal oleh GEM, maka dipilih silikat yang berikatan dengan unsur logam yang mempunyai eV lebih rendah dari silikat yaitu Al

Aktivasi

Pada umumnya aktivasi mineral dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu; fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis berupa pemanasan pada temperatur tertentu. Dalam hal penelitian ini, aktivasi dilakukan secara kimiawi dengan larutan asam (H_2SO_4 dan HCL) serta larutan basa (NaOH). Luluhan bentonit diaktivasi dengan H_2SO_4 dan HCL pada konsentrasi 0,1M; 1,0M, 5,0M . Hasil aktivasi disaring dan dibilas dengan air sampai pH filtrat mendekati netral.

Formulasi

Formulasi adalah pencampuran dari beberapa bahan dengan tujuan tertentu. Dalam pembuatan bahan baku GEM ini, formulasi bertujuan untuk menurunkan nilai resistivity bahan baku dan ketersediaan bahan pengikat (bonding material) antar partikel. Bahan-bahan yang digunakan adalah bentonit sebagai masa dasar, karbon sebagai bahan untuk menurunkan nilai resistivity (resistivity karbon 0,003 Ohm cm, Matrial Science, 1976) dan hydraulic cement sebagai bahan pengikat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan dalam memilih bahan galian yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan GEM, ditentukan oleh dua hal yaitu nisbah SiO_2/Al_2O_3 dan nilai resistivity (lebih kecil dari 25 Ohm cm, GEM, Enrico, 2008). Pada penelitian tahap pertama ini, tolak ukur yang digunakan untuk memilih bahan galian tersebut adalah nilai resistivity terendah. Sedangkan untuk mencapai nilai resistivity lebih kecil 25 ohm cm, dilakukan pada tahap kedua.

Analisis XRD Dan AAS

Hasil analisis difraktometer menunjukkan bahwa mineral-mineral utama yang terkandung pada bahan galian bentonit adalah monmorilonit, holosyt dan kwarsa. Sedangkan untuk kaolin dan gypsum adalah mineral kaolin, gypsum dan kwarsa. Sedangkan dari hasil analisis AAS, terlihat

bahwa unsur utama adalah Si dan Al dijumpai dalam bentuk SiO_2 dan Al_2O_3 (mineral –mineral alumino filosilikat), lihat tabel 1. Berdasarkan hasil uji resistivity terhadap bahan galian Ca bentonit, Na bentonit, kaolin, gypsum, ternyata bahan galian Na bentonit mempunyai nilai resistivity terendah yaitu 514 Ohm cm. (lihat tabel 2). Dengan demikian dalam percobaan-percobaan selanjutnya akan digunakan Na bentonit sebagai bahan baku pembuatan GEM.

Tabel 2. Hasil Uji resistivity terhadap mineral-mineral Alumini filosilikat

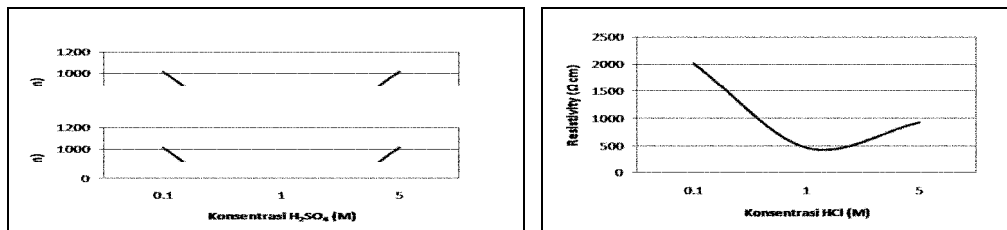
No	Jenis Mineral	Resistivity, Ohm cm.
1	Ca Bentonit, K	542
2	Na Bentonit, K	514
3	Kaolin, K	747
4	Feldspar, K	2075
5	Gypsum, K	805
6	Bentonit, Bj	1680
7	Tufa, Bj	2250

*) K : Karangnungga Bj : Bojonegoro

Aktivasi dengan H_2SO_4 , HCl dan NaOH

Pengaruh asam terhadap nilai resistivity

Perlakuan asam terhadap Na Bentonit, dilakukan dengan menggunakan H_2SO_4 dan HCL, masing-masing pada konsentrasi 5,0 M; 1,0 M dan 0,1 M. Hasil analisis dengan menggunakan H_2SO_4 memberikan nilai resistivity (r) sebesar 1.012 Ohm cm pada konsenrasi 5,0 M; (r) sebesar 325 Ohm cm pada konsentrasi 1,0 M dan (r) sebesar 1.010 Ohm cm pada konsentrasi 0,1 M . Sedangkan dengan menggunakan HCL memberikan nilai resistivity (r) sebesar 924 Ohm cm pada konsentrasi 5,0 M, (r) sebesar 466 Ohm cm pada konsentrasi 1,0 M. dan (r) sebesar 2.014 Ohm cm pada konsentrasi 0,1 M. (lihat gambar 2).



Gambar 2. Pengaruh asam terhadap nilai resistivity

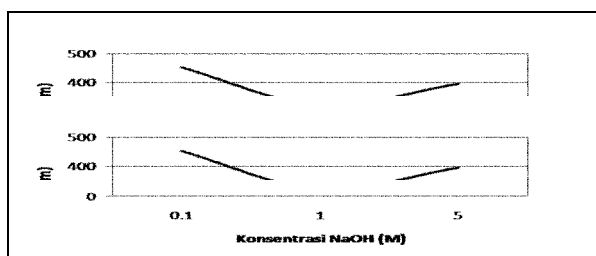
Berdasarkan hasil percobaan tersebut dan dengan menggunakan resistivity sebagai nilai tolak ukur, maka aktivasi dengan H_2SO_4 1,0M memberikan nilai terendah yaitu sebesar 325 Ohm cm (lebih rendah dari nilai resistivity bentonit alam yaitu 514 Ohm cm). Terjadinya penurunan nilai resistivity tersebut disebabkan peningkatan konsentrasi unsur logam seperti Al_2O_3 serta penurunan konsentrasi unsur-unsur non logam seperti Na_2O dan K_2O (lihat tabel 3).

Tabel 3: Perubahan Konsentrasi Unsur dengan Aktivasi H₂SO₄

No	Unsur	Hasil Analisis (%)	
		Bentonit Alam	Bentonit dengan 1,0M H ₂ SO ₄
1	SiO ₂	51,79	57,72
2	TiO ₂	0,69	1,19
3	Al ₂ O ₃	11,44	13,82
4	Fe ₂ O ₃	4,41	4,19
5	MnO	0,78	0,69
6	MgO	0,57	0,57
7	CaO	0,05	0,0045
8	Na ₂ O	7,31	0,65
9	K ₂ O	1,65	0,019
10	P ₂ O ₅	0,99	1,20
11	LOI	19,01	20,84
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,53	4,13

Pengaruh basa terhadap nilai resistivity

Perlakuan dengan basa (NaOH) terhadap Na Bentonit, dilakukan pada konsentrasi 5,0M; 1,0M dan 0,1M. Dari hasil pengukuran menunjukkan nilai resistivity (r) sebesar 396,0 Ohm cm pada konsentrasi NaOH 5,0M; (r) sebesar 321 Ohm cm pada konsentrasi NaOH 1,0M dan (r) sebesar 453,0 Ohm cm pada konsentrasi NaOH 0,1M. (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh basa terhadap nilai resistivity

Dari hasil percobaan tersebut, menunjukkan bahwa nilai resistivity terendah terjadi pada konsentrasi NaOH 1,0M yaitu 321 Ohm cm. (lebih rendah dari resistivity bentonit alam yaitu 514 Ohm cm). Penurunan nilai resistivity tersebut, disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi logam Al₂O₃ dan penurunan konsentrasi unsur-unsur Na₂O dan K₂O (lihat tabel 4).

Tabel 4 . Perubahan Konsentrasi Unsur Dengan NaOH

No	Unsur	Analisis (%)	
		Bentonit Alam	Bentonit dengan 1,0M NaOH
1	SiO ₂	51,79	47,14
2	TiO ₂	0,69	0,89
3	Al ₂ O ₃	11,44	14,79
4	Fe ₂ O ₃	4,41	4,20
5	MnO	0,78	0,73
6	MgO	0,57	0,63
7	CaO	0,05	0,027
8	Na ₂ O	7,31	1,04
9	K ₂ O	1,65	0,018
10	P ₂ O ₅	0,99	1,59
11	LOI	19,01	29,34
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,53	3,19

Perbandingan mol SiO₂/Al₂O₃ Dan Unsur pengotor

Perbandingan mol SiO₂/Al₂O₃ menjadi salah satu kriteria dalam menentukan jenis bentonit yang diperoleh dari hasil pengolahan untuk digunakan sebagai bahan baku GEM. Dari hasil difraktometer diketahui bahwa mineral utama dalam bentonit adalah mineral monmorilonit. Monmorilonit akan mengalami kerusakan struktur bila nisbah SiO₂/Al₂O₃ < 4 (hideo takeshi, chuzo kato, 1969).

Pengaruh peredaman dalam asam menunjukkan nilai resistivity terendah 325 Ohm cm pada H₂SO₄ 1,0 M (lihat gambar 2) dan memberikan nilai SiO₂/Al₂O₃ sebesar 4,18 (lihat tabel 5); dan peredaman dalam basa menunjukkan nilai resistivity terendah 321 Ohm cm pada NaOH 1,0 M (lihat gambar 3) dan memberikan nilai SiO₂/Al₂O₃ sebesar 3,19 (lihat tabel 5).

Dibandingkan dengan nilai mol SiO₂/Al₂O₃ bentonit alam yaitu 4,53, maka nampak terjadi penurunan nilai mol SiO₂/Al₂O₃ baik dalam peredaman dengan asam maupun basa. Namun peredaman dalam asam H₂SO₄ 1,0M dengan nisbah mol SiO₂/Al₂O₃ sebesar 4,18 masih lebih besar dari 4; yang berarti struktur monmorilonit dalam bentonit belum mengalami kerusakan. Sedangkan peredaman dalam basa NaOH, nisbah mol SiO₂/Al₂O₃ sebesar 3,19; yang berarti struktur monmorilonit telah mengalami kerusakan (lihat tabel 5).

Tabel 5. Nisbah SiO₂/Al₂O₃ dalam Asam dan Basa

No	Unsur	Komposisi Kimia (%)		
		Bentonit Alam	Bentonit dengan 1,0M H ₂ SO ₄	Bentonit dengan 1,0M NaOH
1	SiO ₂	51,79	57,72	47,14
2	TiO ₂	0,69	1,19	0,89
3	Al ₂ O ₃	11,44	13,82	14,79
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,53	4,18	3,19

FORMULASI BAHAN BAKU GEM

Formulasi dilakukan dengan pencampuran mineral bentonit dengan karbon dan *hydraulic cement*. Mineral bentonit berfungsi sebagai masa dasar (semikonduktor), karbon berfungsi untuk menurunkan resistivity dan *hydraulic cement* sebagai pengikat antar partikel (*bonding material*). Formulasi dilakukan dengan memvariasikan komposisi bahan campuran dan selanjutnya dilakukan pengukuran resistivity untuk setiap formula. Berdasarkan hasil percobaan dari beberapa komposisi ternyata formula dengan komposisi bentonit 70%, karbon 20% dan *hydraulic cement*

10% memberikan nilai resistivity terendah yaitu 218 ohm (lihat table 6). Dengan demikian maka formula tersebut akan digunakan sebagai formula pembuatan bahan baku GEM.

Tabel 6 . Formulasi Bentonit, Karbon dan Hydraulic Cement

Na Bentonit (%)	Hydraulic Cement (%)	Karbon (%)	Resistivity (Ohm cm)
0	10	90	250
10	10	80	254
20	10	70	255
30	10	60	256
40	10	50	302
50	10	40	226
60	10	30	222
70	10	20	218
80	10	10	223
90	10	0	234

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan, disimpulkan bahwa bahan mineral yang sesuai digunakan sebagai bahan baku GEM adalah Na Bentonit dari Karangnunggal, resistivity terendah yaitu 514 Ohm cm. Hasil aktivasi menunjukkan peredaman yang paling baik pada 1,0 M H₂SO₄ (tidak terjadi kerusakan struktur) Formulasi GEM terdiri dari Na bentonit 70 % , karbon 20 % dan hydraulic cement 10 % . memberikan nilai resistivity terendah 218 ohm cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim,2006, Sistem Proteksi Petir Internal dan Eksternal, BNC Electronics, <http://indonetwork.co.id/pemancarfbnc/237944>.
- Enrico,2008, Grounding Enhancing Material (GEM).Anonim.
- Hideo Takeshi, Chuzo Kato, 1969, Monmorilonite Minerals, The Clays of Japan, International Clay Conference, Geological Survey of Japan.
- Mike Holt,2003, Grounding Communication Systems in Accordance with the 2002 NEC, EC & M Magazine, Mike@Mikeholt.com.
- Reka Rio.S.,1999, Fisika dan Teknologi Semikonduktor, PT. Pratnya Paramita, Jakarta.
- Van Vlack, Ny.Sriati Djaprie,1983, Ilmu dan teknologi Bahan, Edisi ke-empat, penerbit Erlangga, Jakarta.