

PENGETAHUAN TEKNOLOGI BAHAN KERAMIK



**Oleh
Drs. Agus Mulyadi Utomo, M.Erg**

**Hak Cipta @ 2010
ISBN 978-602-8566-80-3
V +186 Hal, Ukuran 15 X21 cm**

**Penerbit
Udayana University Press
Bekerjasama
Institut Seni Indonesia Denpasar
Fakultas Seni Rupa dan Desain
2010**



ISI Denpasar

Cetakan Pertama Juli 2010
ISBN : 978-602-8566-80-3

DesainCover: Rizkita Ayu Mutiarani
Gambar Keramik:
Hildawati Sidharta
Patra Budiade
Arisanti
Agus M. Utomo

Kata Pengantar

Segala puja dan puji syukur dihaturkan ke hadirat *Allah SWT*, Tuhan semesta alam. Dikarenakan buku yang berjudul “Pengetahuan Teknologi Bahan Keramik” dapat terselesaikan.

Penerbitan buku dimaksudkan sebagai buku ajar dan pengayaan untuk pegangan mahasiswa dalam mempelajari pembuatan keramik di FSRD-ISI Denpasar, terutama mengetahui teori-praktek tentang bagaimana menyiapkan bahan baku dan membuat bahan *body* keramik yang siap pakai. Demikian pula untuk pembuatan *glasir*, memahami *oksida* dan perhitungan – perhitungan sederhana cara membuat formulasi *glasir* serta mewarnai keramik yang diperlukan dalam seni rupa. Buku ini berisikan pengetahuan bahan dan teknologi pengolahan bahan keramik, mulai dengan menganal ragam jenis keramik, tentang lempung, sifat dan komposisinya, bahan mentah, sifat *massa body* keramik dan test uji. Kemudian membahas *glasir*, pengertian, sifat dan fungsinya, perbedaan gelas dan *glasir*, komponen dasar dan peranan oksida dalam *glasir*. Lalu komposisi dan hitung *glasir*, cara menyusun bahan *glasir*, cara menyusun komposisi *glasir*, *Limit Formula*, teori dan perhitungan *glasir*. Pedoman membuat *glasir* suhu rendah, beberapa kemungkinan mengatasi *crazing*. Pada bagian akhir adalah percobaan membuat *glasir* dasar, beberapa hasil percobaan dan beberapa catatan penting.

Seperti kata pepatah, buku ini bagaikan “gading yang tak retak”, dimana penyajiannya dirasa belum paripurna dengan harapan dimasa mendatang akan disempurnakan sesuai perkembangan ilmu yang ada. Kritik dan saran yang membangun menjadi harapan penulis.

Semoga buku ini bermanfaat bagi mahasiswa dan yang mempelajari keramik.

Denpasar, 21 Juni 2010

Drs. Agus Mulyadi Utomo, M.Erg

NIP.195808061987021001

**SAMBUTAN DEKAN
FAKULTAS SENI RUPA DAN DESAIN
INSTITUT SENI INDONESIA DENPASAR**

Pimpinan FSRD-ISI Denpasar, menyambut baik atas inisiatif Drs. Agus Mulyadi Utomo, M.Erg sebagai dosen mata kuliah Pengetahuan Bahan Keramik dan Teknologi Keramik untuk menerbitkan buku ajar yang berjudul "Pengetahuan Teknologi Bahan Keramik". Disamping itu, karena pembuatan buku ajar merupakan suatu kelaziman yang dianjurkan sebagai dosen pengampu untuk mentransfer ilmu kepada peserta didik dan agar lebih mudah untuk dipahami, terutama para mahasiswa yang mengambil mata kuliah perkeramikan.

Sebagai pimpinan FSRD-ISI Denpasar, saya mengucapkan selamat atas keberhasilannya dalam menyelesaikan penulisan buku tersebut di atas. Semoga dapat diambil manfaatnya terutama bagi mahasiswa dan juga sebagai pendorong bagi para pengajar mata kuliah lainnya untuk berbuat yang sama demi kemajuan FSRD-ISI Denpasar.

Denpasar, 15 Juli 2010

FSRD-ISI Denpasar

Dekan



Dra. Ni Made Rinu, M.Si

NIP. 195702241986012002

DAFTAR ISI

Kata Pengantar
Sambutan Dekan FSRD-ISI Denpasar
Daftar Isi

- Bab 1 Pengetahuan Keramik** hal. 1 – 20
- 1.1. Ragam Jenis Keramik** hal. 14
 - 1.2. Standar Industri** hal. 17
- Bab 2 Bahan Baku *Body* Keramik** hal. 21 - 84
- 2.1 Bahan *Body* Keramik** hal. 22
 - 2.1.1 Sekilas Tentang Lempung** hal. 26
 - 2.1.2 Komposisi Kimia & Mineral Lempung** hal. 31
 - 2.1.3 Sifat-sifat Pisis Lempung** hal. 34
 - 2.1.4 Bahan Mentah** hal. 42
 - Praktek Percobaan Bahan Keramik 1 hal. 44
 - Praktek Percobaan Bahan Keramik 2 hal. 51
 - 2.1.5 Sifat-sifat massa badan keramik** hal. 56
 - 2.1.6 Cara Menyusun Komposisi** hal. 58
 - Praktek Percobaan Bahan Keramik 3 hal. 66
 - Contoh Hasil Uji-Tes Percobaan Mhs hal. 81
 - Bahan Galian Keramik hal.83
- Bab 3 Glasir dan Fungsinya** hal. 85 – 125
- 3.1 Pengertian dan Fungsi *Glasir*** hal. 90
 - 3.2 Sifat Gelas dan *Glasir*** hal. 92
 - 3.2.1 Gelas** hal. 93
 - 3.2.2 Perbedaan Gelas dan *Glasir*** hal. 94
 - 3.2.3 Komponen Dasar *Glasir*** hal. 97
 - 3.2.4 Type-type *Glasir*** hal. 101
 - 3.2.5 *Oksida* dalam *Glasir*** hal. 104

3.2.6	Fungsi dan Peran <i>Oksida</i> dalam <i>Glasir</i>	hal. 104
3.2.7	Pelelehan <i>Glasir</i> dalam <i>Oven</i>	hal. 105
3.2.8	Oksida-Oksida	hal. 107
BAB 4	Komposisi dan Hitung <i>Glasir</i>	hal. 126
4.1	Susunan Bahan <i>Glasir</i>	hal. 126
4.2	Cara Menyusun Komposisi <i>Glasir</i>	hal. 127
4.3	<i>Limit Formula</i>	hal. 132
4.4	Pedoman Membuat <i>Glasir</i> Suhu Rendah	hal. 133
4.5	Beberapa Kemungkinan Mengatasi <i>crazing</i>	hal.134
4.6	Bahan Baku dari Kelompok RO	hal. 134
4.7	Bahan-Bahan <i>Alkali</i> dari Kelompok RO	hal. 137
4.8	Bahan-bahan dari Kelompok R_2O_3	hal. 148
4.9	Bahan-bahan dari Kelompok RO_2	hal. 150
4.10	Teori <i>Glasir</i> Yg Mengarah Perhitungan <i>Glasir</i>	hal. 152
4.11	Perhitungan <i>Glasir</i> & Tujuannya	hal. 155
BAB 5	Percobaan Membuat <i>Glasir</i>	hal. 158
5.1	<i>Glasir</i> Dasar	hal. 158
5.2	Beberapa Percobaan <i>Glasir</i>	hal. 159
5.3	Beberapa Catatan	hal. 167
	Daftar Pustaka	hal. 176
	Lampiran	hal. 179 - 186

BAB 1

PENGETAHUAN KERAMIK

Lempung atau tanah liat adalah bahan baku keramik, yang mempunyai sifat plastis dan mudah dibentuk dalam keadaan basah (lembab). Pada umumnya tanah liat memiliki karakter yang tidak menentu dan tidak memperlihatkan sesuatu yang alami seperti yang dimiliki batu dan kayu. Karena sifat-sifat yang penurut itu dan tidak banyak memberikan *resistensi* apapun sehingga lempung dapat dipergunakan untuk keperluan yang luas dan tidak terbatas, misalnya untuk bangunan, tembok pembatas pekarangan, perabotan rumah tangga, benda-benda teknis, benda-benda hias dan benda-benda *ekspresi* (seni murni).

Sebenarnya, apapun yang terkandung dalam suatu benda keramik, baik sebagai benda teknis, benda praktis (pakai), benda estetik, maupun sebagai benda spiritual (magis), semuanya adalah berasal dari daya “**imajinasi**” penciptanya saja. Namun demikian sifat lempung yang penurut itu, tidak akan banyak bermanfaat apabila tidak didukung oleh ilmu, pengetahuan, teknologi dan seni untuk merekayasa lempung menjadi keras, kedap air, tahan panas, tahan dingin, awet, berfungsi pakai dan mempunyai bentuk yang indah serta menarik. Disamping itu arah pengembangan ilmu pengetahuan khususnya tentang ilmu keramik sampai sekarang ini telah semakin meluas dan kompleks, sehingga pengertiannya pada masa kini dan mendatang tidak lagi sederhana, dikarenakan riset bahan, seni, sosial-budaya-ekonomi dan teknologi terus

bergulir serta berkembang dengan pesatnya di era keterbukaan (kesejagatan / globalisasi) yang sarat dengan persaingan.

Tidak dipungkiri lagi bahwa *spesialisasi* ilmu terus dilakukan, karena semakin dirasakan perlu untuk dapat lebih mendalaminya dan apalagi akan mengembangkannya. Dunia senirupa, khusus ilmu keramik dalam pandangan seni memerlukan suatu wawasan tertentu untuk memudahkan dalam mendudukkan, mencirikan, mengkonsep penciptaan karya dan memahami akan arah pengembangannya, baik sebagai seni pakai (fungsional), seni kerajinan maupun sebagai seni murni.

Dalam kenyataan sehari-hari, seringkali terlihat secara visual produk atau karya keramik hanya berupa kecenderungan-kecenderungan dan perpaduan dari seni pakai, seni kerajinan dan seni murni. Belum banyak kalangan dan para pegiat senirupa serta keramikus yang mencoba menonjolkan “ciri khas” masing-masing dari ketiga bagian ilmu seni tersebut sebagai *spesialisasi* ilmu tersendiri. Apalagi kini pandangan seni dan teknologi dalam ilmu keramik ada yang bersifat teknis (fisika & Kimia), ilmu pakai-guna (fungsi praktis), kriya (seni kerajinan) dan ekspresi (seni murni), dimana kini strata pengembangannya pun sangat relatif.

Kebebasan yang teramat besar dan penggunaan yang begitu luas dari pemanfaatan tanah liat, tentu dapat merangsang daya cipta, imajinasi dan pengembangan **IPTEKS** itu sendiri.

Sejalan dengan perkembangan budaya manusia, maka kehadiran seni keramik mengalami peningkatan baik kuantitas maupun kualitasnya. Disertai pula kandungan makna dan filosofis serta konsep penciptaan yang semua itu bergayut dengan nilai-nilai yang mencakup segi-segi material, teknologi, ilmu pengetahuan, seni, spiritual, fungsi-fungsi religi, ekspresi pribadi sampai pada kemanusiaan itu sendiri.

Tanah liat atau lempung ternyata memberikan banyak kemungkinan bentuk-bentuk dengan berbagai variasinya, karena bahannya yang mudah dibentuk, termasuk dalam pengungkapan ekspresi dari pancaran emosi dan kesadaran tentang nilai-nilai tertentu yang dianggap bermakna.

Perkembangan keramik Indonesia dewasa ini ditandai dengan perkembangan industri, yang melibatkan banyak desainer dalam perancangan produk yang berkualitas secara massal melalui mesin-mesin berteknologi canggih. Selain keramik yang berada di jalur industri massal, adapula keramik yang diproduksi terbatas oleh kriyawan atau perajin berupa benda hias, benda rumah tangga dan cenderamata. Disamping itu terdapat pula keramik yang dibuat khusus dan benda tersebut merupakan benda tiada duanya atau merupakan satu-satunya di Dunia, yang dibuat oleh seniman individu, benda tersebut sering disebut sebagai benda “ekspresi” yang memiliki daya tarik tersendiri.

Kelompok perajin dan seniman keramik di Indonesia belumlah berkembang sebagaimana mestinya, bila dibandingkan dengan laju pertumbuhan industri massal padat

modal. Hal ini karena kurangnya apresiasi dan langkanya penyelenggaraan pameran-pameran keramik, disamping itu penguasaan teknologi keramik bakaran madya dan tinggi masih relatif baru di Indonesia.

Pengembangan konsep penciptaan keramik yang terarah dan berwawasan ke depan kini memang dirasakan perlu untuk meningkatkan kreativitas, produktivitas dan kualitas keramik. Kebutuhan dan minat terhadap keramik juga perlu ditumbuh kembangkan serta didorong kepermukaan untuk masuk *millennium* ketiga dan pasar bebas. Dengan terpenuhinya kebutuhan masyarakat dan selera pasar melalui seni dan desain, akan dengan sendirinya masa depan perkeramikan, produksi dan penciptaan keramik akan cerah. Sentuhan tangan-tangan trampil yang berwawasan ke depan dan bercitarasa tinggi mempunyai harapan untuk bersaing dalam kehidupan global dan pasar Dunia.

Buku ***Dictionary of Art*** yang ditulis **Bernard S. Myers** menyatakan bahwa, kata keramik berasal dari bahasa **Yunani Kuno** yaitu “*keramos*” yang berarti tanah liat (Myers, 1969:429). ***Dictionary of Art*** tulisan **Mills J.F.M.** menyebutkan bahwa kata keramik berasal dari bahasa **Gerika** yaitu kata “*keramikos*” yang berarti benda-benda yang terbuat dari tanah liat; yang merupakan suatu istilah umum untuk studi seni dari *pottery* dalam arti kata yang luas, termasuk segala macam bentuk benda yang terbuat dari tanah liat dan dibakar serta mengeras oleh api (Mills, 1965:39). **Ruth Lee**, dalam bukunya yang berjudul ***Exploring The World of Pottery*** menjelaskan bahwa istilah **Yunani** untuk kata keramik ialah “*keramos*” yang berasal dari kata “*keramikos*” suatu daerah di Athena di sekitar pintu

gerbang Dypilon tempat tinggal kebanyakan kaum perajin tanah liat, dimana mereka juga bekerja dan menjual keramik (Ruth Lee, 1971:25). Ditelusuri lebih jauh oleh para peneliti, ditemukan bahwa sebenarnya “*keramos*” itu merupakan nama salah satu dewa di Yunani. ***Encyclopedia of The Arts*** menjelaskan bahwa di dalam mitologi Yunani, “***Keramos***”, adalah putra **Dewi Ariaduc** (Ariadne) dengan **Dewa Baccus**, yang merupakan dewa pelindung para pembuat keramik (Runes, 1946:151). Seperti telah diketahui bahwa orang Yunani juga sangat percaya kepada banyak dewa (lihat *mitologi Yunani*), dimana setiap jenis pekerjaan atau kegiatan yang berhubungan dengan kebutuhan manusia ada dewa-dewanya yang diharapkan selalu dapat membantu serta melindunginya.

Keramik pada awalnya berasal dari bahasa Yunani ***keramikos*** yang artinya suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Kamus dan ensiklopedia tahun 1950-an mendefinisikan keramik sebagai suatu hasil seni dan teknologi untuk menghasilkan barang dari tanah liat yang dibakar, seperti gerabah, genteng, porselin, dan sebagainya. Tetapi saat ini tidak semua keramik berasal dari tanah liat. Definisi pengertian keramik terbaru mencakup semua bahan bukan logam dan anorganik yang berbentuk padat. (Yusuf, 1998:2). Umumnya senyawa bahan lebih stabil dalam lingkungan termal dan kimia dibandingkan elemennya. Bahan baku keramik yang umum dipakai adalah *felspar*, *ball clay*, *kwarsa*, *kaolin*, dan air. Sifat keramik sangat ditentukan oleh struktur *kristal*, komposisi kimia dan *mineral* bawaannya. Oleh karena itu sifat keramik juga tergantung pada lingkungan geologi dimana bahan diperoleh. Secara umum strukturnya sangat rumit dengan sedikit *elektron-elektron* bebas. Kurangnya beberapa *elektron* bebas keramik membuat sebagian besar bahan keramik secara kelistrikan bukan

merupakan konduktor dan juga menjadi konduktor panas yang jelek. Di samping itu keramik mempunyai sifat rapuh, keras, dan kaku. Keramik secara umum mempunyai kekuatan tekan lebih baik dibanding kekuatan tariknya.

Pengertian keramik adalah cakupan untuk semua benda yang terbuat dari tanah liat (lempung), yang mengalami proses panas / pembakaran sehingga mengeras. **Balai Besar Keramik Bandung**, mendefinisikan keramik sebagai berikut:

“Keramik adalah produk yang terbuat dari bahan galian anorganik non - logam yang telah mengalami proses panas yang tinggi. Dan bahan jadinya mempunyai struktur kristalin dan non-kristalin atau campuran dari padanya”¹

Definisi keramik yang pengertiannya luas dan umum adalah “bahan-bahan yang dibakar tinggi”, termasuk didalamnya adalah semen, gibs, besi (metal) dan lain sebagainya. Karena hal itulah sebutan keramik bervariasi seperti *gerabah*, tembikar, *mayolika*, email, keramik putih, *terracota*, porselin, keramik batu (*stoneware*), benda tanah liat, barang pecah-belah, benda api, *cermet* (keramik-metal), gelas, semen api, keramik halus, kaca, *silikon* dan lain sebagainya.

Pengertian keramik dapat pula dipandang dari bentuk visualnya (wujud rupa), dari bahan material (kimia - fisik) dan teknologinya (teknik kimia, teknik fisika, teknologi proses, dan lain-lain), serta dari fungsi praktis, konsep seni dan desain.

Pada prinsipnya keramik terbagi atas:

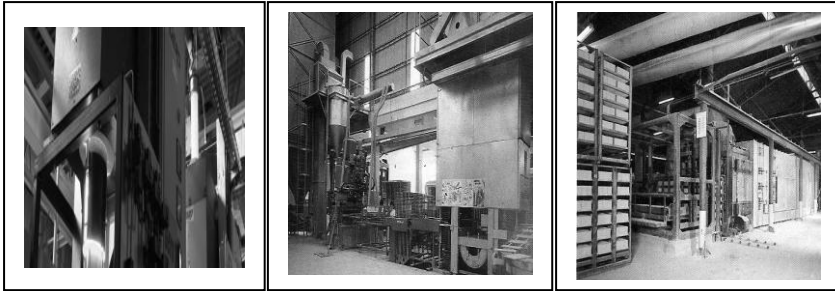
¹ Praptopo Sumitro, dkk, **Keramik**, Balai Besar Keramik, Bandung, 1984, hal 15

- Keramik tradisional kerajinan keramik tradisional yaitu keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam, seperti *kuarsa*, *kaolin*, dll. Yang termasuk keramik ini adalah: barang pecah belah (*dinnerware*), keperluan rumah tangga (*tile*, *bricks*), dan untuk industri (*refractory*).
- Keramik halus *fine ceramics* (keramik modern atau biasa disebut keramik teknik, *advanced ceramic*, *engineering ceramic*, *techical ceramic*) adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan *oksida-oksida* logam atau logam, seperti: *oksida* logam (Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , dll). Penggunaannya: elemen pemanas, *semikonduktor*, komponen *turbin*, dan pada bidang medis. (Joelianingsih, 2004)

Sifat keramik yang umum dan mudah dilihat secara fisik pada kebanyakan jenis keramik adalah *brittle* atau rapuh, hal ini dapat dilihat pada keramik jenis tradisional seperti barang pecah belah, gelas, kendi, gerabah dan sebagainya, coba kita jatuhkan piring yang terbuat dari keramik dan bandingkanlah dengan piring dari logam, pasti keramik yang paling mudah pecah, walaupun sifat ini tidak berlaku pada jenis keramik tertentu, terutama jenis keramik hasil *sintering*, dan campuran *sintering* antara keramik dengan logam. Sifat lainnya adalah tahan suhu tinggi, sebagai contoh keramik tradisional yang terdiri dari *clay*, *flint* dan *feldspar* tahan sampai dengan suhu $1200^{\circ}C$, keramik *engineering* seperti keramik *oksida* mampu tahan sampai dengan suhu $2000^{\circ}C$. Kekuatan tekan tinggi, sifat ini merupakan salah satu faktor yang membuat penelitian tentang keramik terus berkembang.

Bila ditinjau dari sudut ilmu pengetahuan dan teknologi (**lptek**), keramik dapat digolongkan dalam lingkup **silika enjinerig** (Teknik Kimia) karena bahan materialnya menjadi titik pusat perhatian dan karakteristiknya. Bisa juga

digolongkan dalam lingkup ***fisika enjineri*** (Teknik Fisika), hal ini bila ditinjau dari sifat fisik dan cara pemanasan atau pembakarannya.



Instalasi Pabrik Keramik

Pusat keramik Belanda (IJmuiden), *The Keramik Research Centre* (CRC), pengembang industri keramik suhu tinggi atau refractory, yakni pengembangan teknis keramik dan pengolahan bubuk keramik, semacam produk anorganik, semisal penggunaan kembali *slags* dan bahan limbah. CRC didirikan pada 1948 dan mempekerjakan tim dari sekitar 40 peneliti dan profesional pengembangan produk yang terlibat dalam rekayasa proses, fisik dan kimia bahan analisis, penelitian dan desain produk. Para ahli keramik negara maju sekarang telah mampu melakukan rekayasa aneka produk untuk proses suhu tinggi atau bahan dari pengembangan bisnis. *Refractory* dan kinerja instalasi temperatur tinggi (*downtime*), menurut CRC pemeliharaan instalasi suhu tinggi merupakan biaya cukup tinggi dalam produksi. Sering kali, seumur hidup *refractory* terbatas adalah alasan yang paling penting untuk melakukan kampanye pemeliharaan. Dalam banyak kasus, kebutuhan untuk *downtime* dapat sangat dikurangi dengan mengoptimalkan proses suhu tinggi

sehubungan dengan jendela operasi yang optimal dari lapisan bahan tahan api untuk memperpanjang masa kelayakan alat dan hidup pekerja keramik. Selain itu, meningkatkan kinerja instalasi dan pemeliharaan yang baik dapat mengurangi biaya dengan memilih bahan *refractory* terbaik bagi kondisi proses spesifik (yaitu, suhu, perubahan suhu, atmosfer, beban mekanik, dll) atau dengan menyesuaikan rancangan pembangunan instalasi yang efisien. *Thermal* dan mekanik pengujian, laboratorium yang dilengkapi dengan *state-of-art* teknik pengujian untuk *refractory*, keramik dan logam. Pengawasan dan pemeriksaan kegagalan instalasi, untuk memahami isu kegagalan adalah kunci untuk meningkatkan kinerja dari instalasi. Dan merinci analisis *mikrostruktur* dapat memberikan wawasan tentang kimia dan mekanisme fisik yang mempengaruhi produk dan logam bahan keramik. Dan optimasi menghasilkan bahan pelapisan produk yang tahan. Proses industri suhu tinggi memiliki dampak yang besar terhadap umur instalasi. Oleh karena itu, untuk mengurangi *downtime* dan biaya pemeliharaan, prosedur operasi sering diatur oleh kondisi batas untuk memastikan lama waktu operasi dan stabilitas instalasi. Dalam banyak kasus, batasan ini didasarkan pada tahun pengalaman operasional dan petunjuk dari produsen *refractory*. Namun, kualitas bahan tahan api yang diberikan, kondisi operasi, dan parameter proses lainnya dapat berubah dari waktu ke waktu. Dalam rangka untuk memastikan penggunaan yang optimal dari instalasi. Kemampuan dan hasil dari suatu penyelidikan yang lebih luas dari kondisi proses serta lapisan refraktori dan konstruksi instalasi memang diperlukan. Dengan cara ini, Pusat Penelitian Keramik dan para ahli, juga pada proses desain dapat memberikan dukungan untuk mengoptimalkan prosedur operasi saat ini. Dengan demikian dapat meningkatkan efisiensi proses energi suhu tinggi. Hal ini dapat mengakibatkan biaya proses yang cukup rendah, *downtime*

pemeliharaan dan pengurangan pemborosan energi. Meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi CO₂ emisi dari proses pembuatan keramik. Memilih bahan terbaik untuk aplikasi temperatur tinggi sangat penting untuk kinerja. Memiliki pengetahuan dan pengalaman untuk memberikan solusi khusus yang dibuat untuk bisa memilih bahan yang paling memadai untuk instalasi pembuatan produk keramik. Selain itu, peralatan untuk produk, resep, produksi dan pengujian bahan tahan api yang baru didedikasikan untuk spesifik aplikasi. Juga reputasi yang cukup pada karakterisasi bahan yang sangat penting dalam memahami perilaku material. Proses Kristalisasi dapat diprediksi dengan menggunakan model perhitungan kesetimbangan fase. *Minerology* diterapkan pada baja *slag*, *terak* juga merupakan produk limbah berharga.

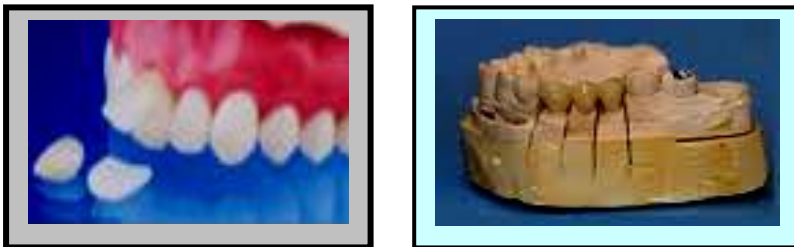


Bahan pengembangan & produksi, pengembangan refraktori, keramik, sermet, pelapis dan metalurgi bubuk

Iptek- material ini meneropong berbagai segi keramik modern. Dari bahan baku, bahan mentah, pemrosesan, sampai dengan analisis dan penerapannya untuk berbagai rekayasa teknologi mutakhir. Rekayasa canggih tersebut meliputi elektronika dan *otomotif* serta komputer, juga akhir-akhir ini

telah merambah ke bidang biologi (tulang dan gigi) yang mengetengahkan keramik modern yang menakjubkan. Dengan demikian keramik juga termasuk dalam lingkup bidang ilmu Teknik dan MIPA.

Arah baru dari pengembangan riset bahan keramik pada akhir abad 20 ditandai dengan lptek-bahan yaitu "**Material Multifungsi**" yang penggunaannya teramat banyak, termasuk piranti (komponen) elektronika (elektro-keramik), komponen bertegangan tinggi dan suhu tinggi seperti mesin dan cerobong pesawat, komponen untuk industri produksi seperti permrosesan gelas dan logam serta piranti dari proses manufaktur (alat potong dan lainnya). Lapisan pelindung pesawat antariksa dan kendaraan *hipersonik* Angkatan Laut Amerika memakai bahan multifungsi yang tahan pada suasana *oksidatif* dan *reduktif* serta menghambat suhu dingin dan aliran cepat suhu yang amat panas (Anton J.H., 1994:100). Gelas-keramik *alumunium silikat* sebagai bahan pelapis dan komposit karbon-karbon (**C-C**), sangat stabil pada suhu panas 1500°C. Pemrosesan *sol-gel* sangat baik untuk membuat bahan-multifungsi misalnya *optika silikat*, keramik-metal (*cermet*) dan lainnya. Selain itu, pengembangan baru **IPTEKS** yang menggabungkan biologi, kimia-fisik dan **DNA-rekombinan**, para ahli telah dapat menciptakan bahan untuk perbaikan enamel gigi manusia.



Keterangan Gambar: *Porcelain veneers*

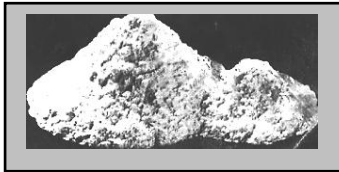
Keramik juga telah banyak digunakan sebagai material pengganti dalam ilmu kedokteran gigi². Hal ini meliputi material untuk Mahkota gigi, tambalan dan gigi tiruan. Tetapi, kegunaannya dalam bidang lain dari pengobatan medis tidak terlihat begitu banyak bila dibandingkan dengan logam dan polimer. Hal ini dikarenakan ketangguhan retak yang buruk dari keramik yang akan sangat membatasi penggunaannya untuk aplikasi pembebanan. Sepertinya material keramik sedikit digunakan untuk pengganti tulang sendi (*joint replacement*), perbaikan tulang (*bone repair*) dan penambahan tulang (*augmentation*). Penggunaan keramik dan gelas berupa bahan *alumina*, *zirconia* dan *bioactive glasses* untuk pengganti tulang sendi, *calcium phosphates* untuk perbaikan dan penambah tulang serta pelapisan pada logam yang digunakan. Komposit *Bis-gma-quartz / silica* dan restorasi *dental composite PMMA-glass fillers Dental cements*.

Keramik telah banyak digunakan sebagai material pengganti dalam ilmu kedokteran gigi. Hal ini meliputi material untuk Mahkota gigi, tambalan dan gigi tiruan. Tetapi, kegunaannya dalam bidang lain dari pengobatan medis tidak terlihat begitu banyak bila dibandingkan dengan logam dan polimer. Hal ini dikarenakan ketangguhan retak yang buruk dari keramik yang akan sangat membatasi penggunaannya untuk aplikasi pembebanan. Sepertinya material keramik ini sedikit digunakan untuk pengganti tulang sendi (*joint replacement*), perbaikan tulang (*bone repair*) dan penambahan tulang (*augmentation*). Sedangkan biomaterial komposit yang sangat cocok dan baik digunakan di bidang kedokteran gigi adalah sebagai material pengganti atau tambalan gigi. Walaupun

² Arief Cahyanto, Biomaterial, Departemen Ilmu dan Teknologi Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Bandung, 2009, hal 4-11

masih terdapat material komposit lain seperti komposit karbon-karbon dan komposit polimer berpenguat karbon yang dapat digunakan pada perbaikan tulang dan penggantian tulang sendi karena memiliki nilai modulus elastis yang rendah, tetapi material ini tidak menampakkan adanya kombinasi dari sifat mekanik dan biologis yang sesuai untuk aplikasinya. Tetapi juga, material komposit sangat banyak digunakan untuk *prosthetic limbs* (tungkai buatan), dimana terdapat kombinasi dari densitas/berat yang rendah dan kekuatan yang tinggi sehingga membuat material ini cocok untuk aplikasinya.

Teknologi canggih dan eksperimentasi terus berlangsung dan kemudian **Zircone-Y** merupakan hasil temuan cemerlang, sehingga para ahli mampu menjadikan keramik sebagai bahan mentah terkeras dan sangat kuat, tahan terhadap goresan, panas dan berbagai bentuk efek kimia dan mekanik.



Zircone-Y
Bahan Bubuk Keramik
Teknologi Tinggi



Teknologi Jam Tangan
Merek Rado La Coupole '
Ceramique'

Temuan tersebut telah diterapkan dan dimanfaatkan oleh pabrik jam tangan merek **Rado La Coupole 'Ceramique'** dipadukan dengan batu *safir* dan *oksidasi* metal serta kilauan berlian di beberapa sudutnya membuat nyaman dan menyatu dengan keindahan desain. Lalu pemanfaatan tulang sebagai

komposit keramik yang mengandung serat organik (*kolagen*) dan mineral, merupakan bahan baku (biologi-material) yang cukup potensial. Dan kini telah dimanfaatkan oleh perusahaan patungan dalam negeri yaitu **PT. Han Kook Keramik Indonesia**, yang meramu tulang sapi dengan tanah liat sebagai bahan baku peralatan rumah tangga.



Perangkat Makan
Produksi Han
Kook Keramik
Indonesia

1.1 Ragam Jenis Keramik

Dalam pembahasan keramik, perlu kiranya dikelompokkan ragam jenis keramik yang pembagiannya berdasarkan bahan (material) dan mutunya, lalu dari strukturnya. Dari bahan dan mutunya dapat dibedakan:

1) **Gerabah** atau **terracotta** (Bhs. Itali = tanah liat bakar), **earthenware** (Bhs. Inggris), **aardewerk** (Bhs. Belanda), terbuat dari tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk dengan tangan, yang dibakar di bawah suhu dilapisi glasir, semen, cat atau bahan pelapis lainnya. Gerabah termasuk golongan keramik yang berkualitas rendah. Sebutan “gerabah lunak” karena dibakar dibawah 1000° C. Keramik

jenis ini struktur dan teksturnya rapuh, kasar dan terdapat pori-pori, sehingga untuk dapat kedap air biasanya 1000°C dan disebut “gerabah keras” karena dibakar 1000°C . Contoh gerabah misalnya: bata, genteng, *paso*, periuk, anglo, celengan, pot, kendi, gentong, dll. Genteng-genteng yang terbaru kini telah berglasir warna-warni yang cukup menarik dan menambah kekuatan dan mutunya. Ada pula sebutan “gerabah halus” dikarenakan pembuatannya halus dan tampak indah atau hiasannya menonjol. Sedangkan disebut “gerabah kasar” disebabkan tanpa hiasan atau polos, misalnya bata. Sebutan sebagai “gerabah padat” karena dibakar sampai 1200°C .

2) Keramik Batu atau *stoneware* (Bhs. Inggris), *steengoet* (Bhs. Belanda), terbuat dari campuran tanah plastis dengan tanah *refractory* (tahan suhu tinggi) sehingga pembakarannya pun meningkat dari suhu pijar 1200°C hingga 1300°C . Seperti nama yang disandangnya, sebagai “keramik batu”, benda jenis golongan ini mempunyai struktur dan tekstur yang kokoh, kuat, padat dan berat seperti batu. Keramik batu ini termasuk golongan keramik kualitas madya atau menengah. Jenis keramik ini sering disebut pula sebagai “gerabah padat” yang dipijar sampai suhu 1200°C .

3) Porselin atau *poslen*, *porcelain* (Bhs. Inggris), termasuk jenis keramik bakaran tinggi suhu pijar 1350°C atau 1400°C bahkan ada yang lebih tinggi lagi hingga 1500°C . Bahan yang dipergunakan adalah lempung murni berwarna putih / terang yang bersifat *refractory* seperti *kaolin* (Bhs. China: *Kaoling*), *alumina* dan *silika*. Badan porselin setelah dibakar berwarna putih dan bahkan bisa tembus cahaya dan seringkali disebut sebagai “keramik

putih”. Pengembara Venesia, **Marco Polo**, menciptakan nama porselin ketika pertama kalinya melihat bahan ajaib itu di Asia, yaitu dalam perjalanannya ke Istana **Kublai Khan**. Ia menamakannya “**porcellana**” atau kulit kerang karena permukaannya seperti gelas dan keras (Herman, 1984:6). Porselin yang tampaknya tipis dan rapuh, sebenarnya mempunyai kekuatan, dimana struktur dan teksturnya padat dan rapat serta keras seperti gelas, karena dipijar suhu tinggi dan terjadi *vitrifikasi* (penggelasan). Secara teknis, keramik ini mempunyai kualitas yang tinggi dan bagus, disamping mempunyai daya tarik khusus dalam hal keindahan dan kelembutan khas porselin. Juga bahan porselin yang putih tersebut sangat peka dan cemerlang terhadap warna glasir serta semakin tinggi suhu pijarnya semakin nyaring bunyinya bila *body* keramik di pukul / terbentur benda logam.

4) Keramik Baru atau *New Ceramic*, adalah jenis keramik yang bersifat teknis (Sumitro: 1984) , diproses untuk keperluan teknologi (canggih) seperti peralatan mobil (busi), perlengkapan listrik (*zekering*, kompor), bahan konstruksi, piranti komputer, dapur tinggi, cerobong pesawat, *kristal-optik*, keramik-metal (*cermet*), keramik-multilapis, keramik- multifungsi, komposit-keramik, *silikon*, *bio-keramik*, keramik- magnetik, gigi porselin, dll. Bentuk dan material keramik disesuaikan dengan keperluan yang bersifat teknis, seperti tahan benturan, tahan gesek, tahan panas, tahan dingin, *isolator*, pelapis, piranti lunak atau komponen teknis lainnya.

Dari Segi Struktur dibedakan:

1) Keramik berat, adalah jenis keramik yang memiliki struktur dan tekstur yang kasar serta berbobot (relatif berat). Keramik yang rapuh dan berpori-pori termasuk juga dalam kelompok ini. Produk “ keramik berat” ini contohnya adalah mortar, bata, *hong*, semen, gibs, benda tahan api (bata api), *abrasive*, *insulator* dan lain sebagainya.

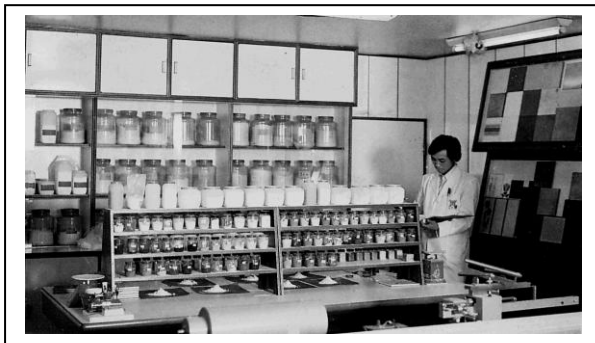
2) Keramik halus, adalah produk keramik yang mempunyai kesan halus dan lembut, berbobot ringan, strukturnya kokoh dan kuat, benda kedap air, juga benda yang memiliki nilai keindahan dan seni. Contoh “keramik halus” seperti porselin, saniter, kaca, glasir, ubin atau tegel keramik, peralatan makan dan minum (*tableware*), *vitrous* teknik, keramik-metal, *sircon*, patung, guci, vas bunga, kap lampu, pewadahan **IC** pada komputer dan elektronik, kristal dan lainnya.

3) Keramik galian, meliputi bahan-bahan mentah dan galian seperti *kaolin*, *feldspar*, *silika*, *sircon*, gibs, kapur, *bauxite*, *ballclay*, batu bara, marmmer, *pumice*, *magnesit*, lempung, *silimanit*, *andalusit*, *titan*, *timbel*, *nikel*, *mangan*, *alumunium* dan lain sebagainya.

1.2 Standar Industri

Dalam kaitannya dengan keramik pakai, khusus dibuat untuk tujuan yang bersifat praktis dan fungsional, terutama untuk kebutuhan sehari-hari. Sebagai “seni pakai” keramik jenis ini merupakan produk hasil dari suatu rancangan atau desain, baik untuk keperluan yang bersifat fisik atau material seperti peralatan rumah tangga (wadah atau perabotan), maupun sebagai bahan dan komponen suatu rancang bangun. Keramik pakai bersifat umum

denganj kegunaan khusus dan bervariasi, dimana setiap produknya mementingkan segi praktis dan fungsi yang optimal serta efisien. Karena bersifat umum yaitu untuk kepentingan masyarakat luas, maka keramik pakai harus memenuhi standar industri yang berlaku di setiap negara. Kalau dalam negeri disebut Standar Industri Indonesia (**SII**) atau Standar Nasional Indonesia (**SNI**), ada pula Standar Industri Internasional yang berlaku, misalnya **ISO**, dll. Semua itu untuk melindungi kepentingan konsumen, apalagi kini telah ada undang-undang yang mengatur hal itu. Dan para pengusaha harus melaporkan secara kontinyu hasil produksinya ke Departemen terkait disamping untuk pengendalian mutu dan pengontrolan serta sebagai obyek pajak.



**Laboratorium
Keramik Tile
PT. Asia
Victory
Industri, Ltd,
Karang-pilang-
Surabaya**

Benda-benda keramik pakai diproduksi oleh mesin-mesin (pabrik) yang menghasilkan produk massal dengan bentuk serupa (standar) dan diawasi oleh pemerintah atau lembaga konsumen. Hal-hal yang tercantum dalam **SII** atau **SNI** biasanya meliputi ruang lingkup dan prosedur, definisi, klasifikasi, cara pengambilan contoh (*sample*), cara uji, syarat lulus uji, syarat penandaan, cara pengemasan,

dilengkapi dengan tabel-tabel dan gambar-gambar (lihat contoh-contoh SII).

Contoh SII (1)
SYARAT LULUS UJI STANDAR INDUSTRI INDONESIA
UNTUK ALAT MAKAN-MINUM KERAMIK

Syarat Lulus Uji:

1. Syarat kadar timbal dalam kadmium:
Bila contoh diuji sesuai dengan butir 4 (cara uji) alat makan-minum keramik tidak boleh menyebabkan kontaminasi terhadap larutan asam asetat 4 % seperti dalam tabel.

Tabel:
Batas Maksimum Konsentrasi Logam Dalam Keramik

Benda Uji	Kapasitas Cairan ml	Timbal Mg / l	Kadmium Mg / l
Barang berongga	≥ 1100	2,0	0,2
Barang berongga	< 1100	7,0	0,7
Barang datar	sembarang	20,0	2,0

Catatan: Pada standar ini tidak dapat dipakai satuan ppm (part permillion) sebagai ganti mg / l (miligram perliter) 1 pp ≈ 1 mg / l

2. Contoh yang telah diuji harus dinilai dan dinyatakan lulus uji atau ditolak berdasarkan hasil yang diperoleh. Hasil yang diperoleh disimpulkan dari harga rata-rata semua contoh uji dan tidak boleh melebihi ketentuan pada tabel di atas.

Dikutip: SII. 0451-81

Contoh SII (2)
SYARAT MUTU DAN LULUS UJI STANDAR INDUSTRI INDONESIA
UNTUK ALAT MAKAN-MINUM KERAMIK HOTEL
DARI JENIS VITRIFIED DAN PORSELIN

Syarat Mutu:

1. **Peresapan Air:** Pada pelaksanaan pengujian dengan cara butir 7.1 (Cara Uji), maka alat makan-minum jenis *Vitrified China* mempunyai peresapan air rata-rata tidak lebih dari 1,0 % dan tidak boleh ada contoh uji yang melebihi dari 1,5 %. Untuk alat makan-minum jenis porselin mempunyai peresapan air rata-rata tidak lebih dari 0,1 % dan tidak boleh ada contoh uji yang melebihi dari 0,5 %.
2. **Kekerasan permukaan glasir:** Pada pelaksanaan pengujian dengan cara butir 7.2 (Cara Uji) glasir mempunyai kekerasan di atas 4 (angka skala Moh's).
3. **Ketahanan:** Pada pelaksanaan pengujian dengan cara butir 7.3 (Cara Uji) alat makan-minum tidak boleh retak, baik pada glasir maupun badannya,
4. **Ketahanan Pukul (Impact Resistance):** Pada pelaksanaan pengujian dengan cara butir 7.4 (Cara Uji) alat makan-minum harus:
 - a. Untuk barang-barang datar pada bagian bibirnya mempunyai kekuatan pukul minimum 4,5 sm kg dan bagian dasarnya mempunyai ketahanan pukul minimum 1 cm kg.
 - b. Untuk barang-barang berongga mempunyai ketahanan pukul pada bagian dasarnya minimum 1cm kg.

Syarat Lulus Uji:

- Jumlah contoh alat makan minum keramik hotel yang akan diuji harus dapat mewakili tanding yang akan dinilai seperti tercantum dalam table.
- Bila jumlah barang dalam tanding kurang dari 500 buah maka jumlah contoh uji disesuaikan dengan perjanjian antara penjual dan pembeli secara tertulis.
- Contoh uji dinyatakan memenuhi syarat lulus uji bila jumlah kegagalan tiap jenis pengujian tidak melebihi seperti tercantum dalam table:

Tabel
JUMLAH CONTOH YG DIPERLUKAN DAN KEGAGALAN YG DIPERBOLEHKAN
UNTUK TIAP JENIS PENGUJIAN

Jumlah Barang Dlm Tanding	Jumlah Contoh Yg Diperlukan	Jumlah Contoh Tiap Jenis Pengujian	Jumlah Kegagalan Yg Diperbolehkan Tiap Jenis Pengujian
500 - 1000	50	10	1
1001-5000	60	10	1
5001-10.000	100	20	2
> 10.000	140	30	3

Dikutip: SII 0804-83

(Dalam satuan buah)

Selanjutnya dibahas tentang bahan baku *body* keramik dan mengenai glasir serta fungsinya. Lalu dibahas masalah komposisi dan cara menghitung glasir sederhana sampai contoh praktek dan laporannya bagi mereka yang sedang dalam studi.

BAB 2 BAHAN BAKU *BODY* KERAMIK

Tanah liat atau lempung berasal dari pendinginan bahan-bahan meleleh dan pijar dari perut bumi berupa magma / lahar / lava leleh menjadi batu-batuan di atas permukaan bumi yang kemudian mengalami proses pemecahan *geologis* secara alamiah oleh adanya pengaruh sinar matahari, air, hujan, gletser, suhu atau temperatur yang terus menerus dalam waktu lama bahkan ribuan tahun (jutaan tahun), terdiri dari berbagai macam *mineral*, *feldspat*, *silika*, *alumina* dan sebagainya

Di bumi unsur kimia terbanyak diperkirakan ada 4 unsur (90%) diantaranya terdiri dari *oksida* (50%), *silica* (25%), *aluminium* (8%) dan *besi* (6%) (Anton J.H., 1994: 4). Kira-kira 70% atau 80% dari kulit bumi terdiri dari batuan yang merupakan sumber tanah liat atau lempung (Ambar Astuti, 1997: 15). Pada ketebalan tanah 0,25 sampai 1 meter terdapat akar-akar dan sisa-sisa tumbuhan dan bahan *organik* lainnya yang membusuk, memberi warna dan sifat yang beragam pada tanah.

Lempung atau tanah liat adalah bahan baku keramik, yang mempunyai sifat plastis dan mudah dibentuk dalam keadaan basah (lembab). Pada umumnya tanah liat memiliki karakter yang tidak menentu dan tidak memperlihatkan sesuatu yang alami seperti yang dimiliki batu dan kayu. Karena sifat-sifat yang penurut itu dan tidak banyak memberikan *resistensi* apapun sehingga lempung dapat dipergunakan untuk keperluan yang luas dan tidak terbatas, misalnya untuk bangunan, tembok pembatas pekarangan, perabotan rumah tangga, tempat makan -minum, tempat cairan kimia, benda teknis, benda hias dan benda ekspresi.

Selain sebagai bahan baku untuk raga (*body*) keramik, lempung dan berbagai oksida logam dan bahan senyawa anorganik dan non-logam lainnya merupakan pula bahan baku *glasir* atau bahan pelapis pewarna produk keramik.

2.1 Bahan *Body* Keramik

Lempung atau tanah liat, berasal dari proses pemecahan *geologis* pada permukaan bumi secara alamiah. Lempung disebut juga sebagai produk pencucian dari *feldspar*. Berawal dari pendinginan bahan-bahan yang meleleh dan pijar dari perut bumi berupa *magma* atau *lava* leleh menjadi batu-batuan, yaitu batuan beku, batuan bentukan *metamorf* adalah bahan yang berubah karena tekanan panas dan air, juga berbagai sumber *pegmatit* dengan *mineral* yang kadar unsur tanahnya tinggi. Juga ada pula batuan *sidemen* yang bahannya berpindah dari tempat asal terbentuk yang terbawa oleh angin, air (melalui sungai), salju / *gletser* dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah kemudian mengendap pada suatu tempat yang stabil menjadi lempung atau tanah liat, *mika* dan kapur, yang terdiri dari berbagai macam *mineral*, *feldspat*, *silica*, *alumina* dan lainnya. Ada beberapa macam bahan batuan, yang terjadinya berasal dari *magma* cair, kemudian membeku melalui proses pendinginan. Apabila pembekuan terjadi di dalam kawah (perut bumi) disebut batuan *plutonik* (*granit*) dan bila terjadi diluar kawah atau dipermukaan bumi disebut batuan *effussi* (batu apung / batu kembang). Batuan *plutonik* dan *effussi* disebut juga sebagai bahan beku atau *karok* (*igneous rocks*). Batuan beku yang telah mengalami perubahan-perubahan sifat karena pengaruh tekanan dan panas yang tinggi disebut batuan *metamorfosa* (*metamorphic rocks*) contohnya marmar, batu kapur *kristalin* yang berasal dari batu kapur *kwarsa*. Bahan yang terbentuk baik dari batuan beku maupun *metamorfosa*

yang mengendap pada suatu tempat dan mengeras disebut batuan endapan atau *sedimen (sedimentary rocks)*.

Lempung berdasarkan keadaan terdapatnya di alam bisa berupa bahan gembur (*limpas*) yang terdapat di alam jumlahnya cukup berlimpah dan tersebar luas, misalnya pasir *kuarsa* dan *clay*. Bisa juga berupa bahan batuan yang terdapat dalam struktur geologis yang terbatas seperti *feldspar*, *mika* dan *quartzite*. Dapat pula berupa bahan batuan padat yang di alam jumlahnya relatif besar seperti batu gamping, batu *dolomite*, batu *pasir kuarsa* dan sebagainya.

Tanah liat atau lempung terbagi menjadi 2 katagori yaitu: Pertama sebagai tanah liat *residu* atau tanah murni (*primary clay*) yang terdapat ditempat asal batuan itu terbentuk atau tanah belum berpindah tempat sejak terbentuknya. Pada umumnya tanah murni berwarna cerah atau putih atau putih-keabu-abuan dan krem, berbutir kasar dan sifatnya tidak plastis. Tanah primer ini terproses secara alamiah (bisa jutaan tahun) dengan tekanan yang tinggi (*veldspaat*), temperatur tinggi (*feldspar*) dan pelapukan kulit tanah (*kaolin*) serta termasuk pula hasil semburan lumpur panas dari dalam perut bumi. Katagori yang kedua, berupa tanah campuran (*secondary clay*), tanah liat endapan atau tanah sekunder yang terbentuk dari hasil proses perpindahan tempat oleh air, angin, gletser dan sebagainya, berbutir halus dan bersifat plastis serta tercampur dengan kotoran mineral (*impurities*). Pada umumnya tanah campuran ini warnanya beragam dan itu tergantung bahan lain yang banyak mencemarinya seperti *cobalt* menjadi kebiruan, *mangan* menjadi violet, *chrome* menjadi kehijau-hijauan, *besi* terlihat kemerahan dan lainnya. Disamping itu tanah jenis tersebut terdapat aneka proses *geologis* lainnya. Contoh tanah endapan adalah tanah *limpah* sungai, tanah *marin* (laut), tanah rawa, tanah danau dan tanah sawah.

Terjadinya lempung yang berasal dari proses peruraian batuan, terutama dari batuan beku yaitu proses *hipogenik* dan

epigenik. Proses *hipogenik* terjadi di bawah permukaan bumi, biasanya oleh pengaruh uap panas yang mengandung larutan-larutan kimia. Proses ini dinamakan proses *hydrothermal*, khususnya untuk proses terjadinya *kaolin* yang disebut *kaolinisasi*. Proses *epigenik* terjadi di atas permukaan bumi, proses ini dikenal dengan sebutan **pelapukan** yaitu pelapukan *fisika* dan *kimia*. Pelapukan *fisika* umumnya oleh karena pengaruh panas, dingin, mekanis atau benturan dan jamur, sehingga batuan beku yang keras dan besar menjadi bagian-bagian yang kecil. Pasir-pasir halus hasil pelapukan *fisika* dilarutkan oleh pelapukan *kimia* yaitu terutama karena pengaruh adanya air dan udara, proses ini disebut pelapukan *kimia*.

Lempung adalah bahan tanah sebagai hasil dari pemurnian batuan-batuan terutama *feldspar* dan yang mengandung senyawa *alumina silikat hidrat* (*mineral* lempung). Bahan ini akan plastis bila basah dan akan sangat keras seperti batu bila dipanaskan pada temperatur tinggi. *Mineral* lempung adalah senyawa *alumina silikat hidrat* yang mempunyai butir-butir sangat halus dan merupakan *mineral* yang dominan di dalam lempung, terdiri dari 3 kelompok yaitu kelompok *kaolin*, kelompok *momorillonit* dan kelompok yang mengandung *alkali*.

Lempung untuk bisa dimanfaatkan dengan baik sebagai bahan mentah keramik, maka bahan tanah tersebut dapat diusahakan dengan pemisahan bahan secara mekanis, yaitu dengan mencuci atau menghilangkan bahan *mineral* tambahan yang bersifat lemak dan kurang larut dari pada *kuarsa*. Bisa juga dengan pengendapan kimia, yaitu dengan memekatkan *hidroksida karbonat*. Usaha lainnya dengan pembilasan kimia, yaitu dengan pencucian lempung dari *feldspar*. Dan perubahan *termal* (panas) dengan pemekatan unsur tanah oleh perubahan *termal* batuan beku.

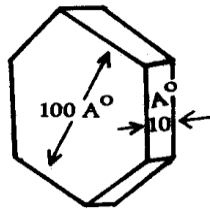
Bahan mentah keramik memiliki pengertian sebagai kumpulan *mineral* atau batuan dari mana barang-barang keramik dibuat, baik dari keadaan aslinya (alam) maupun setelah diproses (dibuat). Bahan mentah bisa berdasarkan asal bahan mentah yaitu bahan alam seperti *kaolin*, lempung, *feldspar*, *kuarsa* dsbnya. Lalu bahan buatan seperti *borida*, *nitride*, *mullit*, dsbnya. Bisa juga berdasarkan sifat keplastisannya, yaitu bahan plastis seperti *ballclay*, *kaolin* dan *bentonit* serta bahan non-plastis seperti *feldspar*, *kuarsa*, kapur, *dolomite* dsbnya.

Berdasarkan penggunaannya, bahan mentah keramik diperuntukan dalam pembuatan *body* (raga) keramik dan pembuatan perwarna atau *glasir* keramik. Bahan mentah juga berdasarkan fungsinya didalam membuat suatu komposisi bahan keramik yaitu sebagai bahan yang bersifat sebagai pembentuk (kerangka), bahan pengikat (gelas) dan sebagai bahan pelebur (*flux*) yang menurunkan suhu bakar bahan secara menyeluruh. Tentu saja untuk menjadikan bahan mentah yang siap pakai diperlukan bahan-bahan penolong seperti air, minyak, bahan perekat, bahan *elektrolit* dan sebagainya. Dalam proses pembakaran juga diperlukan bahan-bahan kondisioner untuk suasana pembakaran yang bersifat *oksidasi*, *reduksi*, *mert* dan dalam proses *pengglasiran*.

Lempung sebagai bahan mentah keramik diperlukan keplastisan, adalah suatu sifat bahan basah yang dapat diberi bentuk tanpa mengalami retak dan bentuk yang dibuat tetap dapat dipertahankan setelah tenaga pembentuk dilepaskan. Sifat ini sangat mutlak atau penting dalam pembentukan barang-barang keramik. Lempung basah mempunyai sifat-sifat tersebut, maka lempung merupakan bahan pokok dalam pembuatan keramik, terutama untuk benda seni dan kerajinan.

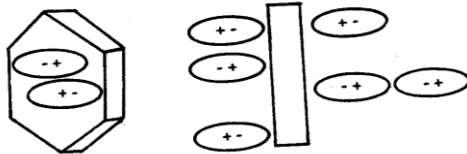
2.1.1 Sekilas Tentang Lempung

Sejak lama orang mengenal bahwa lempung merupakan bahan keramik yang vital, karena dapat memberi sifat pembentukan yang memungkinkan berubah dari bentuk kering menjadi *slurry*. Setelah diketahui struktur lempung secara cermat, maka peranannya dapat digantikan oleh bahan lain. Lempung itu berbentuk *partikel* lembaran yang berukuran kecil sekali dan berskala *atom*.

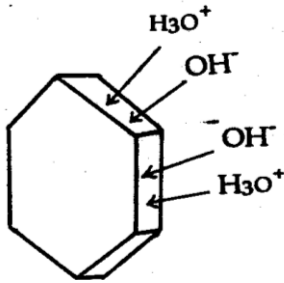


Gambar: 1
Partikel Lempung

Permukaan *partikel* lempung bertegangan residu, tidak terlalu luas dan tebalnya terbatas, *atom-atom* permukaan cenderung masuk ke ruah sehingga memperkecil energi permukaannya. Akan tetapi karena tipisnya *partikel*, *ion-ion* tak dapat tertarik ke dalam, namun menjadi terketub dan memberi muatan positif dan negatif pada permukaannya. Muatan tersebut diimbangi oleh jerapan fisik *molekul* air yang juga dapat membentuk dwikutub dimana air tertaut dan tidak lagi mudah bergerak.



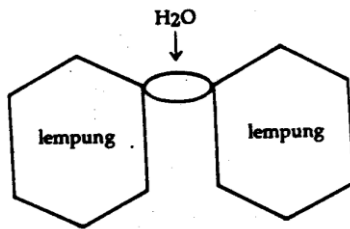
Gambar: 2
Air Terjerap (secara fisik) pada Permukaan Partikel Lempung



Gambar: 3
Air Terjerap (secara
kimia) pada Tepi Partikel
Lempung

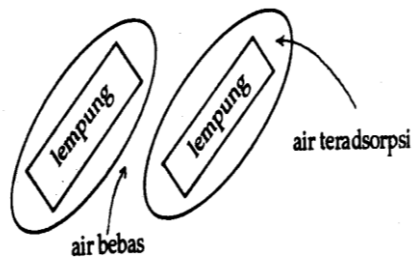
Partikel lempung dapat tumbuh menyamping, searah bidang dan bagian tepi merupakan ikatan putus sehingga dapat diimbangi secara kimia dengan menarik air. Lempung yang permukaannya amat luas dan karena ukurannya sangat kecil, berakibat memiliki muatan besar pada permukaannya sehingga lempung sanggup mengikat baik secara fisik maupun kimia air di seputarnya. Air yang terjerap tidak mudah lagi dipisahkan dari lempung kecuali dengan dipanaskan hingga di atas 1000°C. Sistem lempung-air ini merupakan kunci pembentukan keramik. Pada kandungan air yang sedikit ($\pm 10\%$) air tak cukup mengimbangi muatan dwikutup fisik atau kimia pada *partikelnya*. *Partikel-partikel* lempung pun bersaing memperebutkan air sehingga saling menempel kuat. Dapat dibayangkan seperti halnya 2 lembaran kaca tipis diberi air dan disatukan akan menempel dengan kuat namun mudah untuk digeser-geser seakan meluncur di atas satu dengan lainnya dimana air berfungsi sebagai pelumasnya. Bila kandungan air pada tingkatan sedang $\pm 15\%$ s/d 25% berat, maka cukup untuk mengimbangi muatan *partikel*, bahkan ada kelebihan sedikit dan berfungsi sebagai pelumas, menjadikan bahan lempung plastis sehingga mudah untuk dibuat bentuk dan terjaga bentuknya. Hal inilah yang memungkinkan bagi pembuat keramik membentuk kontur lengkungan dan bentuknya tetap terjaga meskipun dibiarkan, merupakan ciri

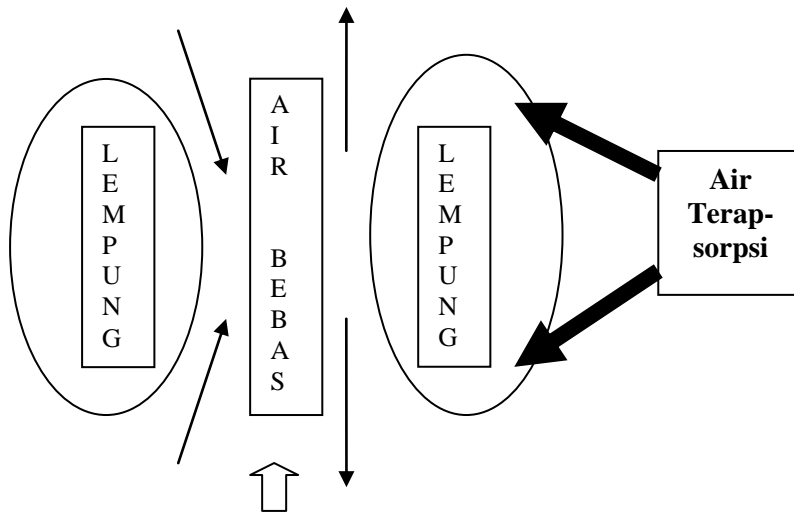
khas bahan lempung untuk membuat bentuk. Ciri-ciri bahan plastis apabila berubah bentuknya tanpa patah dan dalam kerut pengeringan, bila air bebas yang terjerap secara fisik dapat dihilangkan atau dikurangi, bentuknya bertambah kuat bila air berkurang dan *platelet*nya saling tertaut. Pada kandungan air yang tinggi di atas 50 % berat, air terjerap baik secara kimia maupun fisik membentuk sampul diseputar *partikel* dan bermuatan. Dengan banyaknya air *partikel*-lempung yang bermuatan sama saling bertolakan satu dengan lainnya, lalu membentuk *suspensi* dan mencegah *partikel* mengendap. Larutan tetap keruh dan lempung berperan sebagai zat tersuspensi bagi segenap komponennya termasuk *silika* dan *alumina*.



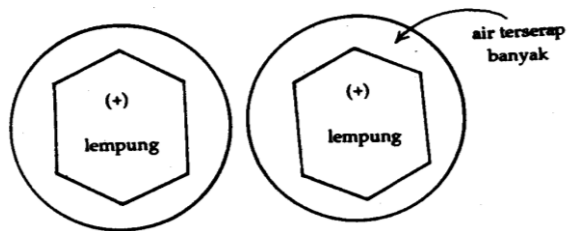
Gambar: 4
Partrikel Lempung
Disatukan Oleh Air

Gambar: 5
Air Bertindak
Sebagai Pelumas





Gambar: 6
Partikel Lempung Bersampul Kandungan Air Yang Tinggi



Gambar: 7
Air Yang Berlebih Sebagai Pelumas Antar Plateletnya

Slurry dengan kandungan air yang banyak, *partikelnya* bermuatan sama, saling bertolak / tertolak satu dengan lainnya, membentuk *suspensi* (suatu campuran yang terdiri dari *partikel-partikel* kecil dari padatan / cairan = bercampur saja / bukan larut) mencegah *partikel* mengendap (penambahan *Waterglass* sebagai pelumas) larutan tetap keruh.

Definisi Lempung: adalah ***bahan tanah sebagai hasil pemurnian batuan-batuan terutama feldspar dan yang mengandung senyawa alumina silikat hidrat (mineral lempung). Bahan ini akan plastis bila basah dan akan sangat keras seperti batu bila dipanaskan pada temperatur tinggi*** (Mc. Namara).

Mineral lempung, adalah ***senyawa-senyawa alumina silikat hidrat yg mempunyai butir-butir sangat halus dan merupakan mineral yang dominan didalam lempung.***

KERR membagi mineral lempung menjadi tiga group:

1. Kelompok *Kaolin*
2. Kelompok *Momorillonit*
3. Kelompok yg mengandung *alkali*

Proses terjadinya *mineral lempung* berasal dari peruraian batuan terutama batuan beku. Proses terbentuknya dikelompokkan 2 golongan:

- a. Proses *Hipogenik*, terjadi dibawah permukaan bumi, biasanya oleh pengaruh uap panas yang mengandung larutan-larutan kimia. Proses ini dinamakan *Hidrothermal*. Khusus untuk proses terjadinya *kaolin* disebut *kaolinisasi*.
- b. Proses *Epigenik*, terjadi diatas permukaan bumi. Proses ini juga terkenal dengan pelapukan.

Proses pelapukan dibagi menjadi 2:

1. Pelapukan fisika: oleh pengaruh panas, dingin, mekanis / benturan dan jamur, sehingga batuan beku yang keras menjadi bagian-bagian yang kecil.
2. Pelapukan kimia: pasir halus hasil pelapukan fisika dilarutkan oleh pelapukan kimia, terutama pengaruh air dan udara.

2.1.2 Komposisi Kimia & Mineral Lempung

Bahan keramik jarang ditemukan secara murni. Didalam bahan tersebut hampir selalu ada bahan yang dinamakan "*impurity*" yang akan sangat mempengaruhi sifat-sifatnya, terutama di dalam lempung itu sendiri terdapat variasi komposisi yang sangat luas. Demikian ruwetnya komposisi dari lempung sehingga studi yang mendalam sukar dilaksanakan. Meskipun telah berabad-abad lamanya manusia membuat gerabah, bata, genteng, guci, vas, dan sebagainya, hingga kini sebagian produk belum diketahui secara pasti dan tuntas bagaimana komposisi lempung yang dipakainya. Hanya sebagian dari pengembangan IPTEK bahan yang terus melaju dan berkembang sebagai bagian dari komponen teknologi tinggi (*hitech / high-Tc*), rekayasa bahan tahan cuaca dan *superkonduktor* suhu tinggi, serat dan *komposit* semen keramik, sebagai pewadahan *elektronik*, *elektro-keramik* sampai *bio-keramik*. Dengan kemajuan teknologi, tabir misteri lempung mulai bisa terungkap dan produksi produk secara massal dan besar-besaran telah dapat dilakukan dengan teliti diberbagai laboratorium pabrikan, dengan mesin yang dirancang sebelumnya.

Dalam keadaan di alam, lempung terdiri dari *mineral primer*, yaitu *mineral* yang berasal dari batuan beku yang belum lapuk: *kwarsa* (SiO_3), *feldspar* ($\text{K}_2 \text{O} \cdot \text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$: $\text{Na}_2 \text{O} \cdot \text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), *Mica*, *Muskovit* ($\text{K}_2 \text{O} \cdot 3\text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$).

$2\text{H}_2\text{O}$), *Olivin* (Mg, Fe, Ca) 2SiO_4 , *Biotit*, *Hidromika*, *Pyroxin*, *Amphibole*, dll. Juga terdiri dari *mineral sekunder*, yaitu dari peruraian *mineral primer* oleh reaksi fisika & kimia : kelompok *kaolin*, kelompok *monmorillonit*, *Clorit*, *Vermikulit*, *Hidromika*, *Attapulgit*, *mineral-mineral karbon / organik* dan air. Baik *mineral primer* maupun *sekunder* terdapat di dalam endapan lempung yang bervariasi. Lempung *residual* yang tidak terpengaruh oleh faktor transportasi, biasanya banyak mengandung *mineral primer*. Sedangkan lempung *sekunder* telah mengalami transportasi yang jauh sehingga sedikit *mineral primemnya*.

Komponen utama dalam lempung adalah **silika** dalam bentuk bebas berupa *kuarsa*, *amorf*, *silika-gel*, *flint*, *kaslidan*. Pengaruhnya dalam lempung yakni dapat mengurangi keplastisan, mengurangi susut kering dan susut bakar, mengurangi kekuatan tekan & tarik kecuali jika butirannya sangat halus. Dan mengurangi sifat ketahanan api walau tak selalu. Ada **alumina** yang dalam bentuk bebas berupa *gibbsite*, *diaspore*. Dalam bentuk senyawa berupa *felsdpar*, *mika*, *hornblende*. Pengaruhnya dalam lempung yaitu dapat mengurangi keplastisan, mengurangi susut kering & susut bakar serta meningkatkan sifat tahan api.

Senyawa yang mengandung **alkali** : yang terpenting adalah senyawa *garam* seperti: NaCl , K_2SO_4 , Na_2SO_4 . Senyawa *garam* terlarut ini akan membentuk “*scum*” atau buih-buih setelah dibakar. Pengaruh senyawa *alkali* dalam lempung adalah mengurangi sifat tahan api dan memudahkan padat pada pembakaran. Pada senyawa *besi* yang berupa: Fe_2O_3 . $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}(\text{OH})_3$; $\text{FeO} \cdot \text{OH}$; Fe_3O_4 ; FeS_2 ; FeCO_3 ; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Pengaruh utamanya pada lempung adalah mempengaruhi perubahan dalam warna, menurunkan sifat tahan api, senyawa *besi* yang larut dalam air akan

membentuk “scum” atau buih pada permukaan benda, dan dapat membentuk “iron spot” pada permukaan benda. Senyawa **kalsium**, berbagai senyawa yang mungkin terdapat dalam lempung bisa berupa *kalsit* / CaCO_3 , *aragonit* / CaCO_3 , *kalsium silikat*, *gibpsum* / $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, *anhidrit* / CaSO_4 , *apatit*. Pengaruhnya dalam lempung yaitu bertindak sebagai bahan pelebur, bahan gelas yang terbentuk bersifat mobil, encer dan sangat *korosif*. Pada temperatur rendah (dibawah temperatur reaksi) akan menurunkan susut dan mempermudah pengeringan. Dapat memucatkan warna merah yang diakibatkan oleh senyawa *besi* setelah lempung dibakar. Dapat menyebabkan “lime blowing” pada badan keramik bila terdapat dalam ukuran butir yang kasar. Senyawa **kalsium sulfat** dapat menyebabkan bengkak-bengkak pada badan keramik. Senyawa **magnesium** berupa *magnetit* (MgCO_3), *dolomit* ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) dan *garam epson* ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) Umumnya terdapat sedikit didalam lempung dan pengaruhnya kira-kira sama dengan *senyawa kalsium*. Senyawa **titan**, berupa *rutile*, *anatas*, *brookit* (TiO_2), *ilmenit* ($\text{Fe}_2\text{O} \cdot \text{TiO}_2$) dan *spene* ($\text{Ca} \cdot \text{Ti} \cdot \text{SiO}_5$) Jumlahnya dalam lempung sangat sedikit, tetapi pada umumnya pasti ada. Senyawa **karbon** biasanya terdapat dalam bentuk sisa-sisa tumbuh-tumbuhan, *asam humus* dan senyawa-senyawa *organik* lainnya. Pengaruh bahan-bahan *karbon* pada lempung adalah sbb: dapat memberikan warna gelap sampai hitam dalam keadaan mentah, menghasilkan suasana reduksi dalam dapur waktu pembakaran, akan mempengaruhi warna serta sifat-sifat *vitrifikasi* dalam pembakaran dan mungkin dapat mengurangi bahan bakar. Juga bila pembakaran terlalu cepat dapat membentuk inti hitam (*black core*). Juga **air** dapat dipandang sebagai *mineral* dan didalam lempung kemungkinan terdapat dalam bentuk sbb: sebagai air *higroskopis*, yang jumlahnya

tergantung pada luas permukaan lempung. Lalu air *terabsorpsi* yang terkait dengan “*ex changeable cation*” pada lempung. *Broken bond water* yaitu air yang berkaitan dengan *valensi* yang tidak jenuh pada ujung-ujung *kristal*. Dan terakhir ada air *terikat / air kristal* yang merupakan bagian-bagian penting didalam struktur lempung.

2.1.3 Sifat-sifat Phisis Lempung

Sifat-sifat phisik lempung dalam keadaan mentah menentukan kegunaannya. Suatu kenyataan lempung basah dapat diberi bentuk dan bila dikeringkan bentuk tidak berubah serta bila dibakar pada temperatur tinggi akan membentuk benda yang padat, awet serta bisa kelihatan indah, sehingga menyebabkan lempung sebagai bahan yang berharga dalam kemajuan peradaban / zaman. Sifat-sifat phisik lempung yang penting adalah sebagai berikut:

- a. **Flokulasi dan deflokulasi**, suatu istilah yang berlawanan dipergunakan untuk melukiskan keadaan *agregasi* dari butir-butir lempung bila dicampur air. *Flokulasi* adalah proses penggumpalan butiran lempung menjadi gumpalan yang besar . *Deflokulasi* adalah proses *dispersi / pemecahan* gumpalan-gumpalan menjadi bagian-bagian kecil. Proses *dispersi* dapat diperkuat dengan penambahan *elektrolit* atau *deflokulan* seperti *water-glass*, Na_2CO_3 , Na_2HPO_4 dan lain-lain. Jumlah penggunaan *deflokulan* tergantung beberapa faktor yaitu:
- 1) Kadar butiran halus yang menunjukkan sifat-sifat *koloid*;
 - 2) Jumlah dan jenis garam terlarut yang ada didalam lempung;
 - 3) Sifat-sifat dari *elektrolit / deflokulan* yang dipakai;
 - 4) Sifat-sifat mineral lempung yang ada didalam lempung.

b. Keplastisan, adalah sifat yg memungkinkan lempung basah dapat diberi bentuk tanpa retak-retak dan bentuk tersebut akan bertahan setelah gaya pembentuk dihilangkan. Sifat ini memungkinkan lempung dapat diberi bentuk menurut keinginan dan lempung juga menunjukkan derajat keplastisan yang berbeda-beda.

Faktor yg memepngaruhi keplastisan adalah:

1. Pengaruh air bahan-bahan padat dan gejala koloid yg menyertai
2. Ukuran partikel-partikel padat
3. Komposisi partikel-partikel padat
4. Bentukpartikel-partikel padat dan struktur dalamnya
5. Keadaan agregasi partikel padat
6. Jumlah luas permukaan partikel padat dan tarik-menarik *inter molukuler*
7. Adanya bahan lain yg dapat mempengaruhi sifat partikel
8. Orientasi partikel di dalam massa

Didalam pembuatan benda keramik, keplastisan merupakan factor yg sangat penting, karena akan sangat menunjang proses pembentukan yg mengikuti bentuk. Untuk itu perlu dilakukan usaha peningkatan keplastisan.

Usaha-usaha peningkatan keplastisan:

1. Mencari kadar air yang optimum
2. Pencampuran (*tempering*) yg lebih sempurna antara lempung dengan air
3. Menghilangkan/mengurangi bahan-bahan non-plastis dari lempung
4. Menambah bahan *flokulan* ke dalam lempung seperti:
 - * Mempergunakan bahan yg oleh fermentasi atau dekomposisi menghasilkan *asam lemah* misalnya

peat, serat-serat, bahan-bahan peruraian karbon akan meningkatkan keplastisan

* Menambahkan asam-asam lemah: *asam humus, asam tannin, asam asetat*

5. Dengan menambahkan bahan-bahan *koloid*
6. Dengan penggilingan dan pengulekan yang baik
7. Dengan menghalau udara yg terperangkap di dalam lempung dengan *vakum*
8. Dengan mengembangkan kondisi *thexotrofi* didalam lempung
9. Dengan melakukan *ageing* atau *souring*

Sifat-sifat berasosiasi dengan keplastisan:

1. Kelengketan (*stickiness*) yaitu sifat lempung yang terlampau basah yang menempel pada jari-jari
2. Mobilitas: dipergunakan untuk menunjukkan mudahnya bergerak dari massa lempung
3. *Extrudability*: sangat berhubungan dengan mobilitas, yaitu mudah / dapat / tidaknya lempung basah dibentuk dengan jalan *diextrud* melalui mulut/*die* suatu mesin *extruder*.
4. Daya ikatan (*bending power*), lempung yang diukur dgn bahan-bahan non-plastis yang dapat dicampurkan tanpa mengurangi kemampuan campuran dibuat model, dalam praktek terlihat kekuatan kering.
5. Perikat organik: untuk meningkatkan daya ikat dan keplastisan terutama pembuatan bentuk yang sulit kerap kali dipergunakan bahan perikat *organik* seperti: tepung dan *ace, gom arab, tragasan, gom accia, dextrin, alginate, polyvinyl, silicon, metal etil selulosa, sodium karbometil selulosa, gelatin, casein-glue, paraffin waxes* yang larut dalam air, air, olie bekas. Bahan-bahan ini menjadi keplastisan semu (*psendo plasticity*).

c. **Daya Bersuspensi**, adalah suatu sifat dari bahan lempung yang memungkinkan bahan itu sendiri dan bahan lain dalam keadaan bersuspensi di dalam suatu cairan. Sifat ini berkaitan dengan keplastisan. *Kaolin* atau *ball clay* berbutir halus akan tetap tinggal tersuspensi di dalam air berjam-jam tanpa menunjukkan pengendapan. Apabila ditambah *flokulan* seperti *asam*, *borax*, MgSO_4 dll, maka terjadi *flokulasi* (penggumpalan) dengan pengendapan secara cepat. Bila ditambah bahan *elektrolit* seperti *waterglass*, Na_2CO_3 akan menambah proses *dispersi* dan menghasilkan suatu *suspensi* yg lebih permanen. Banyak proses keramik membutuhkan banyak air kedalam massa campuran dan menjadi cair yang dinamakan “*slip*”, seperti massa *cor* untuk pembuatan barang sanitair, *suspensi glasir* dan *email*.

d. **Tekstur**

Keplastisan, kekuatan mekanis, kemudahan dalam pengeringan dan karakter produk setelah dibakar sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk partikel lempung. Ini disebut tekstur lempung. Lempung gembur umumnya mempunyai dua jenis tekstur:

1. Tekstur mineral-mineral lempung yg sangat halus.
2. Tekstur mineral-mineral non-plastis yang umumnya sebagai *impuritis* / pengotor bertekstur kasar sampai halus. Tekstur lempung keras atau serpih biasanya menunjukkan derajat penggilingan. Makin banyak penggilingan makin halus teksturnya. Dalam butiran lempung sebenarnya merupakan kumpulan dari partikel-partikel mineral lempung yang sangat halus. Lain halnya untuk pasir. Untuk memisahkan butir-butir tersebut dipergunakan sederetan saringan standar yang

disusun dari kasar hingga halus. Untuk butir-butir lebih dari 200 *mesh* dipergunakan metoda pengendapan (*Andreasen*). Semua lempung terdiri dari 2 bagian yaitu bagian halus yang plastis dan bagian kasar yang non-plastis.

e. Susut Kering

Waktu proses pengeringan terjadi pengeluaran air. Air yang menyelimuti butiran lempung secara berangsur-angsur menyingkir dan hal ini memungkinkan butir-butir tersebut mendekat satu dengan yang lain. Setelah **air selaput** tersebut habis maka gilirannya air terserap pada butir-butir akan keluar. Kedua jenis air tersebut akan menimbulkan susut kering. Jenis air yg masih tersisa dinamakan **air pori** dan tidak menimbulkan susut. Sisa air yg masih terikat secara mekanis ini hanya dapat dihilangkan setelah dipanaskan hingga 110° C . Lempung sangat bervariasi susut keringnya. Derajat variasi susut kering lempung identik dengan variasi jumlah air yang diperlukan untuk menimbulkan keplastisannya. Makin tinggi keplastisan lempung, makin banyak air yg terabsorpsi serta air selaput makin tebal, maka akan makin besar pula susut keringnya. Lempung yang mempunyai susut kering tinggi sukar dikeringkan tanpa timbulnya retak-retak / pecah-pecah. Lempung yang sangat halus, padat dan sangat plastis akan sukar dikeringkan dan harus sangat hati-hati agar dapat selamat. Jadi susut kering tinggi berarti ada kecenderungan untuk timbul pecah / retak. Hal ini dapat dikurangi dengan penambahan bahan-bahan non-plastis seperti *pasir kwarsa*, *flint* / kapur dan *feldspar* di dalam porselin dan “*grog*” di dalam barang tahan api.

SUSUT KERING BEBERAPA JENIS LEMPUNG

JENIS LEMPUNG	SUSUT KERING
KAOLIN KASAR	5,0 – 7,6
KAOLIN TERCUCI	3,3 – 10,8
KAOLIN SIDEMENTAIR	4,5 – 12,8
LEMPUNG TAHAN API PLASTIS	1,7 – 9,4
LEMPUNG TAHAN API FLINT	0,8 – 6,6
LEMPUNG UTK BATA LAPIS	2,4 – 5,6
LEMPUNG UTK PIPA PADAT	3,5 – 10,5

Data: YMV Hatono, BBK Bandung 1983

f. Kekuatan

Kekuatan lempung seringkali ditentukan oleh kekuatannya waktu kering. Misalnya pipa tanah harus dibuat dari lempung yg mana akan menjadi sangat kuat setelah kering, sehingga pipa dengan dinding tipis tsb dapat dibawa dan disusun dalam tungku. Kekuatan lempung tergantung pada:

1. Karakteristik phisis dari lempung itu sendiri
2. Cara bagaimana lempung dikerjakan sebelumnya.

Suatu *ball clay* bila kering menjadi keras dan sangat kuat, tetapi kadang-kadang bila dibuat benda hanya dari *ball clay* akan timbul retak-retak.

Faktor yang mempengaruhi kekuatan kering lempung :

1. Ukuran dan bentuk butir dari bagian yang plastis dan non-plastis
2. Derajat *flokulasi* lempung sebelum dibakar
3. Jumlah butiran sangat halus dari mineral lempung
4. Lama waktu dan temperatur pada waktu lempung itu diperam (*ageing*) sebelum dibentuk

5. Jumlah air yang dipergunakan menguapkan massa plastis tersebut.
6. Apakah air dan bahan-bahan lain tercampur merata atau tidak
7. Cara yang dipergunakan dalam menguapkan massa siap pakai
8. Kecepatan serta tinggi temperatur waktu pengeringan.

Semua faktor tersebut di atas secara bersama-sama / sebagian akan mempengaruhi kekuatan kering benda keramik yang telah dikeringkan.

UJI KOMPARATIF KEKUATAN KERING

No.	Jenis Lempung	Kuat Tekan	Kuat Tarik	Kuat Lentur
1.	Lempung plastis	631-954	155-172	484-520
2.	Serpil	636-806	126-187	311-403
3	Kaolin plastis	455-539	104-147	239-325
4.	Kaolin plastis	205-349	34 - 69	74- 166

g. Slaking

Bila suatu lempung diletakkan di dalam air, air akan masuk ke dalam lempung. Dan ketika lempung menjadi basah, ia akan mengembang dan pada gilirannya lempung akan hancur menjadi bagian kecil-kecil. Makin renggang ikatan ini akan mudalah lempung tersebut pecah menjadi bagian kecil. Lempung yang keras seperti serpil akan memerlukan waktu lebih lama (bisa seminggu) untuk pecah, sedangkan lempung lunak dan *porous* akan pecah didalam air hanya dalam beberapa menit. Lempung yang ditambah pasir akan mempermudah hancurnya lempung didalam air. Sifat

slaking dari lempung berhubungan erat dengan karakteristik didalam pelapukan, *ageing* dan *pugging* serta *blunging*

Ageing : adalah istilah yang dipergunakan waktu lempung basah disimpan untuk meningkatkan keplastisan

Pugging : adalah metode atau cara mempersiapkan masa plastis

Blunging : adalah metoda / cara mempersiapkan massa *slip*.

Waktu proses *ageing*, *blunging* dan *pugging* dilakukan air akan tercampur merata keseluruhan lempung dan butir-butir lempung di dalamnya akan dihancurkan oleh *slaking*.

h. Warna Lempung

Warna lempung mentah biasanya disebabkan oleh senyawa-senyawa *besi* atau bahan-bahan *karbon*. Kadangkala mineral-mineral *mangan* dan *titan* dalam jumlah yg cukup, memberikan warna pada lempung. Lempung bebas *impurity* di atas akan berwarna putih. Senyawa-senyawa *besi* yang terdapat dalam lempung dapat memberi warna krem, kuning, merah, hijau atau coklat. *Limonit* adalah senyawa *besi* yang sangat umum dapat memberikan warna lempung krem, kuning dan coklat. *Hematitit* akan memberikan warna merah pada lempung dan serpih. Senyawa *besi silikat* akan memberi warna hijau. Senyawa *mangan* akan memberi warna coklat. Senyawa *karbon* akan memberi warna biru, abu-abu, hijau, hitam atau coklat tergantung jumlah, jenisnya dan merata tidaknya tersebar dalam lempung.

Sangat sukar untuk meramalkan dengan pasti perubahan warna keadaan mentah dengan setelah dibakar

2.1.4 Bahan Mentah

Keplastisan adalah suatu sifat bahan basah yang dapat diberi bentuk tanpa mengalami retak dan bentuk tersebut tetap dipertahankan setelah tenaga pembentuk dilepaskan. Sifat ini sangat penting dalam pembentukan barang keramik. Lempung basah mempunyai sifat-sifat tersebut, maka lempung merupakan bahan pokok dalam pembuatan keramik.

Definisi bahan mentah:

Adalah kumpulan mineral atau batuan dari mana barang-barang keramik dibuat, baik dari keadaan aslinya (alam) maupun setelah diproses.

Pembagian bahan mentah ada 5 lima, yaitu berdasarkan asal bahan mentah, keplastisannya, penggunaannya, fungsi dalam komposisi dan berdasarkan keadaan terdapatnya di alam.

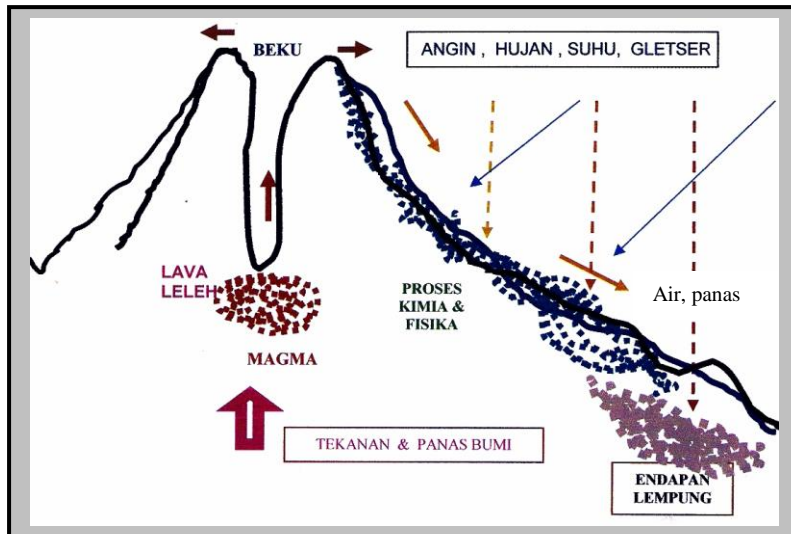
1. Berdasarkan asal bahan mentah
 - a. Bahan mentah keramik alam: *kaolin*, lempung, *feldspar* dan *kuarsa*, dsbnya.
 - b. Bahan mentak keramik buatan: *borida*, *nitride*, H_3BO_3 , *mullit*, dsbnya.
2. Berdasarkan sifat keplastisan
 - a. Yang bersifat plastis : *ballclay*, *kaolin* dan *bentonit*, dll.
 - b. Bahan mentah non-plastis : *feldspar*, *kuarsa*, *kapur*, *dolomit* dan sebagainya.
3. Berdasarkan penggunaan
 - a. Untuk pembuatan raga keramik: *kaolin*, *ball clay*, *feldspar*, *kuarsa*, *dolomit*, *kapur* dll.
 - b. Untuk pembuatan *glasir* keramik: yaitu bahan pelebur seperti *asam borat*, *borax*, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $BaCO_3$, P_3O_4 dsbnya,

- * Bahan *opacifier* (*dop*): SnO_2 , ZrO, dll
 - * Bahan pewarna: senyawa *cobalt*, senyawa *besi*, *seng*, *nikel*, senyawa *chrome*, dll
4. Berdasarkan fungsi dalam komposisi keramik
 - a. Bahan pembentuk kerangka/pengisi: lempung, *silica*, *zircon*, *titania*, *silimanit*, *bauxite*, dsb
 - b. Bahan pembentuk gelas / pengikat: *silica*, *oks borat*, *oks phosphor*, *oks arsen*, dsb
 - c. Bahan pelebur: *feldspar*, *nephelin*, bahan-bahan yang mengandung Na, K, Ca, Mg, dsbnya.
 - d. Bahan penolong: Air, minyak, bahan perekat *organik*, *elektrolit*, dsbnya.
 - e. Bahan kondisioner dalam proses (pembakaran):
 - * gas O_2 untuk suasana *oksidasi*
 - * gas H_2 , CO untuk suasana *reduksi*
 - * N_2 , He, CO_2 untuk suasana *mert*
 - * gas / uap NaCl untuk *pengglasiran*
 5. Berdasarkan keadaan terdapatnya di alam
 - a. Bahan gembur / limpas terdapat di alam berlimpah dan tersebar cukup luas : *pasir kuarsa*, *clay*
 - b. Batuan padat terdapat di alam relatif besar : *batu gamping*, *batu dolomite*, *batu pasir kuarsa*
 - c. Bahan batuan terdapat dalam struktur *geologis* yang terbatas: *feldspar*, *mika*, *quartzite*

Bahan mentah diolah agar murni (*alumina*, *ferrit*, *tatanat*, *karbida*, *kuarsa*, *hematite*, *oksida*, *bauksit*, dll). Ada 7 tahap proses *bayer*, yaitu:

1. *Kalsinasi* (menghilangkan zat *atsir* dan mengurangi berat)
2. Penggerusan / penghalusan (untuk memperlancar reaksi selanjutnya)
3. Pelarutan (*kaustik*)

4. Penyaringan *suspensi* (mineral lain terpisah)
5. Pendinginan (pengendapan kompleks *hidroksida*)
6. Pencucian dan Penyaringan
7. *Kalsinasi alumunium hidroksida* (1150 derajat *Celsius*), agar terjadi *alumina* murni (reaksi suhu tinggi). *Silikon Karbida* → mereaksikan *silika* dan *kokas* (2200 derajat *Celsius*)



Percobaan-percobaan

PRAKTEK PERCOBAAN BAHAN KERAMIK 1:

Mengenai komposisi bahan *body* keramik pada perlakuan suhu bakar 900 ° C -1000° C terhadap penyusutan dan peresapan air. Tulisan ini merupakan hasil penelitian uji

sifat bahan *body* keramik dari komposisi tanah Lombok 77%, *feldspar* 15%, *kaolin* 4%, *ballclay* 2% dan serbuk semen api 2% pada perlakuan suhu bakar 900^o-1000^o C terhadap penyusutan dan peresapan air. Metode yang dipergunakan adalah eksperimen (percobaan) dan berupa pengujian sifat-sifat badan (*body*) benda coba setelah dibakar. Benda coba diamati struktur permukaannya, warna bakar penyusutan dan peresapan air (keporian). Dari 14 sampel yang diuji, 6 dibakar suhu 900^o C dan 8 dibakar suhu 1000^o C. Dari perlakuan tersebut diperoleh kesimpulan bahwa susut bakar pada suhu lebih rendah adalah peresapan airnya semakin tinggi. Penampakan visual berwarna merah bata pucat dari komposisi tersebut masih dipandang baik sebagai *prototype sample* untuk *body* keramik.

Benda keramik merupakan produk yang terbuat dari bahan-bahan yang dibakar suhu tinggi. Dalam pembuatannya diketahui adanya sifat bahan *body* yang meliputi: keplastisan, keporian (peresapan air) dan penyusutan. Dalam proses pembakaran umumnya *sensitive* terhadap perubahan-perubahan badan (*body*), maka diperlukan penelitian uji sifat – sifat keramik dari bahan yang dipergunakan sebagai langkah awal penerapannya.

Pada kegiatan ini dimaksudkan sebagai praktek mahasiswa dalam mata kuliah pengetahuan bahan keramik semester pertama dan hasilnya dapat dipergunakan sebagai *test pieces* (percobaan) dalam rangka penelitian pengaruh perlakuan suhu bakar 900^oC dan 1000^oC terhadap penyusutan dan peresapan air pada benda coba *body* keramik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil penyusutan kering, susut bakar dan peresapan air pada komposisi bahan *body* tanah, contoh: tanah Lombok 77%, *feldspar* 15%, *kaolin* 4%, *ballclay* 2% dan serbuk semen api 2% pada pembakaran 900^oC dan 1000^oC, lalu hasilnya diamati untuk diketahui apakah kemudian *body* keramik ini

dapat dipergunakan untuk *prototype sample* dilihat pula dari sisi penampakan warna visualnya (menarik atau tidak).

Untuk menunjang kegiatan ini perlu tinjauan pustaka. Bahan keramik terdiri dari kumpulan *mineral* bahan tanah (*alumina silikat*) yang dapat digunakan dalam pembuatan keramik, baik dalam keadaan asli atau alami maupun telah melalui proses pemurnian. Pada umumnya bahan mentah keramik mengandung komponen ketidakmurnian yang dapat merugikan dalam pembuatan.

Ada berbagai pendapat tentang keramik, namun dapat diambil inti pengertiannya yaitu benda – benda yang terbuat dari tanah liat yang diperoleh melalui proses pembakaran atau segala macam benda yang dibuat dari tanah atau batuan non-metal dan *anorganik* yang dibakar sehingga pijar dan kemudian menjadi keras (Angkama Setjadipraja, 1970). Klasifikasi praktis yang mempergunakan sudut pandang struktur badan atau *body* keramik cenderung berbicara kualitas fisik akibat teknologi pembakaran dan pengendalian mutu bahan (Yasana, 1987).

Menurut **Solichin Ardi** (1986), yang menguraikan tentang karakteristik suatu produk keramik jenis gerabah dengan beberapa parameter uji sebagai berikut :

Tabel:
Standar Uji *Body* Gerabah Yang Dibakar Antara 1000°C - 1100°C

Parameter Uji Kondisi produk

<ul style="list-style-type: none"> - Keplastisan (ketika kondisi basah) - Susut kering - Susut bakar - Susut jumlah / susut total - Peresapan air 	<p>Kurang sampai plastis (ketika kondisi basah)</p> <p>= 7 – 8 %</p> <p>= 7 %</p> <p>= 15 %</p> <p>= 10 – 15 %</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Menurut **Norton** (1970) dan **Budnikov** (1964) bahwa di dalam menyusun badan keramik dikenal istilah badan keramik *triaxial* dan *non-triaxial*. Badan keramik *triaxial* adalah badan keramik yang dibuat berdasarkan atas tiga komposisi bahan, yaitu bahan plastis (*clay*), bahan pengisi (*kuarsa*) dan bahan pelebur (*feldspar*). Bahan plastis adalah bahan yang berfungsi sebagai bahan pengikat dan memberi kemudahan dalam pembentukan badan keramik pada kondisi mentah. Bahan ini biasa berupa *ball clay*, *kaolin* dan *bentonit*. Bahan pengisi adalah bahan tidak plastis yang berfungsi sebagai bahan pengisi untuk membentuk rangka atau kekakuan. Bahan ini berupa *kuarsa*, *feldspar*, *pegmatite*, *alumina* dan pecahan produk keramik. Bahan pelebur adalah bahan tidak plastis yang berfungsi sebagai pelebur yang mengikat bahan pengisi atau rangka pada temperatur tinggi, sehingga membentuk barang – barang keramik. Bahan ini dapat berupa *feldspar*, kapur, *dolomite*, *nephelin syenit*. Lebih lanjut **Nuryanto** (2001) menyebutkan bahwa temperatur bakar golongan gerabah adalah dibawah 1000°C dengan nilai peresapan air (PA) >15% (Nuryanto, 2001).

Metode kerja adalah pengujian karakteristik bahan yang di bakar pada suhu 900°C dan 1000°C dilakukan di laboratorium meliputi uji penyusutan dan peresapan air dengan menggunakan tungku listrik selama 8 jam, guna mengetahui sifat – sifat fisiknya.

Bahan – bahan dan komposisi yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut : tanah Lombok 77 %, *Feldspar* 15%, *Kaolin* 4 %, *Ballclay* 2 %, dan serbuk semen api 2 %. Bahan-bahan mentah tersebut dicampur air menjadi adonan dan dibiarkan basi atau di *ageing* selama minimal 24 jam, setelah dibasikan dibuat cetakan menyerupai bata-bata kecil dengan ukuran 10 cm X 2,5 cm X 1,5 cm untuk pengujian sifat-sifat dalam pengeringan dan pembakaran. Setelah itu dilanjutkan dengan pengamatan dan pengukuran sifat sifat benda uji. Untuk pengamatan sifat sifat *body* keramik dapat dikenali melalui pengamatan visual dan pengukuran besaran fisik. Pengenalan sifat dengan pengamatan dapat dilakukan terhadap warna, struktur ketetapan bentuk dan cacat permukaan. Sedangkan pengukuran dilakukan untuk menentukan penyusutan atau pengembangan dan peresapan air.

Sifat sifat ini akan menentukan karakteristik *body* keramik yaitu adanya cacat keramik seperti keretakan, pembengkokan dan selama proses pengeringan maupun setelah proses pembakaran, sedangkan peresapan air kaitannya pada kekuatan keramik yang tidak lepas dari pengaruh temperatur atau suhu pembakaran. Untuk menentukan sifat ini dilakukan pengukuran besaran fisik yaitu panjang mula-mula (keadaan plastis atau basah) =1⁰; panjang setelah kering =1¹ ; panjang setelah bakar =1²; berat setelah dibakar =g1; berat air jenuh =g2. selanjutnya untuk menentukan, peresapan air digunakan rumus sebagai berikut :

Untuk mencari penyusutan / Susut bakar:

$$\text{Susut Bakar} = \frac{\text{Panjang Kering} - \text{Panjang Bakar}}{\text{Panjang Kering}} \times 100\%$$

Untuk mencari peresapan air:

$$\text{Peresapan Air} = \frac{\text{Panjang Basah} - \text{Berat Bakar}}{\text{Berat Bakar}} \times 100\%$$

Hasil dan pembahasan dari sejumlah 14 *sample test pieces* yang telah dilakukan dan diamati, maka diperoleh hasil dan pembahasan sebagai berikut:

Hasil dari pengukuran benda *sample test pieces* adalah :

Tabel 2
Hasil Uji Susut Bakar Suhu 900°C

Kode	Panjang Kering	Panjang Bakar	Susut Bakar
PM1	9,0 cm	9,0 cm	0 %
PM2	9,0 cm	9,0 cm	0 %
PM3	9,1 cm	9,0 cm	1 %
PM4	9,1 cm	9,0 cm	1 %
PM5	9,1 cm	9,0 cm	1 %
PM6	9,1 cm	9,0 cm	1 %
Rerata			0,66 %

Tabel 3
Hasil Uji Susut Kering dan Susut Bakar Suhu 1000°C

Kode	Panjang Kering	Panjang Bakar	Susut Bakar
PM7	9,1 cm	9,0 cm	1 %
PM8	9,1 cm	9,0 cm	1 %
PM9	9,0 cm	8,9 cm	1,1 %

PM10	9,0 cm	8,9 cm	1,1 %
PM11	9,1 cm	9,0 cm	1,1 %
PM12	9,1 cm	9,0 cm	1 %
PM13	9,0 cm	8,8 cm	2,2 %
PM14	9,0 cm	8,8 cm	1 %
Rerata			1,18 %

Tabel 4
Hasil Uji Peresapan Air Suhu 900°C

Kode	Berat basah	Berat Bakar	Peresapan Air (PA)
PM1	33,3 g	27,1 g	15,5 %
PM2	30,7 g	26,4 g	16,5 %
PM3	30,3 g	26,2 g	15,6 %
PM4	30,9 g	26,7 g	15,7 %
PM5	34,1 g	29,1 g	17,2 %
PM6	32,5 g	27,9 g	16,5 %
Rerata			16,16 %

Tabel 5
Hasil Uji Peresapan Air Suhu 1000°C

Kode	Berat basah	Berat Bakar	Peresapan Air (PA)
PM7	27,9 g	24,1 g	15,8 %
PM8	28,9 g	24,7 g	17,0 %
PM9	32,6 g	27,9 g	16,8 %
PM10	32,3 g	27,7 g	16,6 %
PM11	30,9 g	26,5 g	16,6 %
PM12	30,6 g	26,54 g	17,7 %
PM13	31,3 g	26,8 g	16,8 %
PM14	32,5 g	28,0 g	16,1 %
Rerata			15,92 %

Pembahasan: kalau diperbandingkan antara angka penyusutan (susut bakar) dengan peresapan air dari perlakuan suhu bakar 900°C dengan 1000°C, ternyata ada perbedaan yang sangat nyata yaitu rerata suhu bakar 900°C susut bakar mencapai angka 0,66 % dan peresapan airnya adalah 16,16 % serta penampakan secara visualnya bertekstur halus, batangan lurus, berpori, berwarna merah bata pucat dan suaranya seperti bengkak. Pada suhu 1000°C susut bakar mencapai 1,18 % dan peresapan air sebesar 15,92 % dengan kondisi penampakan bertekstur halus, lurus, berpori, berwarna merah bata pucat dengan suara bengkak. Akibat perlakuan suhu pembakaran yang berbeda, maka dapat diketahui sifat-sifat bahan *body* keramik jenis gerabah ini, yaitu semakin tinggi suhu bakarnya semakin besar pula susut atau pengkerutannya karena bahan-bahan *organik* dan sisa air pembentukan mengalami penguapan secara sempurna pada proses pembakaran. Demikian pula halnya dengan peresapan air (PA), yang berkaitan erat dengan keporian *body* dan kepadatannya. Logikanya semakin panas semakin tinggi susutnya dan semakin kecil ruang keporiannya sehingga semakin kecil daya serap airnya.

Dapat disimpulkan dari penelitian ini dan uraian diatas sebagai berikut:

1. Dari sisi penampakan visual, hasil komposisi campuran tanah Lombok 77%, *feldspar* 15%, *kaolin* 4 %, *ballclay* 2% dan serbuk semen api 2 % sebagai bahan *body* keramik jenis gerabah dipandang baik dan layak untuk diterapkan dengan warna merah bata pucat.
2. Dari sejumlah 14 *sample* yang dibakar temperatur 900°C (6) dan 1000°C (8) diperoleh data bahwa susut bakar pada suhu yang lebih rendah adalah kecil, sedangkan semakin tinggi suhu bakar maka semakin kecil pula peresapan airnya

PRAKTEK PERCOBAAN BAHAN KERAMIK 2 :

Mempertimbangkan bahwa benda kerajinan keramik merupakan salah satu konsumsi pariwisata yang juga merupakan komoditas ekspor disamping untuk memenuhi kebutuhan domestic. Pertumbuhan industri kerajinan keramik sejalan dengan perkembangan aspirasi dan apresiasi masyarakat yang tentunya membawa konsekuensi pada kebutuhan massa badan keramik yang juga terus meningkat.

Pada umumnya diketahui bahwa keramik merupakan produk dari bahan *anorganik* non-logam (lempung) yang dibakar dengan suhu tinggi. Dalam pembuatan sifat bahan *body* yang meliputi keplastisan, pengeringan dan proses pembakaran maupun setelah pembakaran sangat sensitif terhadap perubahan komposisi bahan baku yang digunakan. Untuk memperoleh massa badan yang sesuai diperlukan penelitian sifat-sifat keramik dari bahan baku yang digunakan sebagai langkah awal penerapannya. Selain membuat campuran komposisi bahan mentah yang memenuhi persyaratan sebagai earthenware (gerabah) dan keramik batu (stoneware), juga diusahakan memperoleh komposisi massa raga berbahan local Bali dan dari Jawa, Sumatera dan Lombok. Disamping mendapatkan variasi komposisi yang lebih bervariasi dan fleksibel.

Bahan mentah keramik terdiri dari kumpulan mineral lempung atau tanah (*alumina silikat*) yang dapat digunakan dalam pembuatan keramik, baik dalam keadaan asli maupun telah melalui proses pemurnian. Pada umumnya bahan mentah keramik yang dipergunakan perajin mengandung komponen ketidakmurnian yang dapat merugikan dalam pemakaiannya. Bahan-bahan mentah keramik dapat dibagi menurut asalnya, keplastisannya, penggunaannya, fungsinya dalam keramik serta menurut keadaan terdapatnya di alam (Hartono, 1986).

Bagi perajin dan seniman yang terpenting adalah keplastisannya yang terdiri dari bahan lempung yang plastis.

a) Bahan plastis

Keplastisan adalah sifat bahan-bahan basah yang mudah dibentuk dan bentuknya tetap bertahan walaupun tenaga pembentuknya tidak diberikan lagi, sehingga sifat tersebut banyak dimanfaatkan oleh perajin atau seniman (perupa) dalam berkarya. Berdasarkan komposisi mineral, **Kerr** membagi lempung menjadi 3 kelompok yaitu:

- Kelompok *kaolin* $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$, *dickite*, *nacrite*, *hallysite*, *anauxite* dan *allophone*.
- Kelompok *monmorillonit* (Mg, Ca) O. $Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$, *beidellite*, *nontronite* dan *saponite*.
- Kelompok yang mengandung *alkali* yaitu *metabentonit* $K_2O \cdot MgO \cdot Al_2O_3$, *mica* lempung dalam jumlah yang bervariasi termasuk *illit*.
-

Wheeler juga membagi 3 jenis lempung yaitu:

- 1) *Kaolin*, dipercaya berasal dari kata “kaoling” yang berarti tebing tinggi, yaitu tempat asal perajin yang mengawali pemakaian lempung jenis ini di China. *Kaolin* merupakan tanah murni yang berwarna putih dalam keadaan mentah maupun setelah dibakar. Kaolin memberikan komposisi teoritis $Al_2O_3 = 47\%$, $SiO_2 = 39\%$ dan $H_2O = 14\%$. Namun kenyataannya di alam sering terjadi penyimpangan dari komposisi tersebut. Hal itu disebabkan oleh adanya substitusi didalam kisi-kisi *kristal* dan *mineral-mineral* lain sebagai *impuritis*.
- 2) *Ball Clay*, secara umum sebagai lempung *sedimen* yang berbutir halus, biasanya mengandung bahan-bahan *organik*, mempunyai keplastisan dan kekuatan kering yang tinggi, berwarna putih atau krem sesudah dibakar.

Penggunaannya dalam *gerabah* padat sekitar 0 – 25%. Di dalam raga keramik *ball clay* dapat menguntungkan untuk meningkatkan kekuatan kering dan mempermudah transportasi serta penyusutan benda setengah jadi. Sifat buruknya adalah mengandung *oksida besi* dan *titan* agak tinggi dapat mengurangi derajat putih serta mempunyai sifat variabel sehingga sulit memperoleh massa cor yang stabil.

- 3) Lempung *stoneware*, adalah lempung *refractory* atau semi *refraktori* bersifat sangat plastis dan jarak *vitrifikasinya* rendah. Lempung tersebut setelah dibakar padat, memiliki susut kering, susut bakar dan *porositas* rendah tanpa mengalami perubahan bentuk. Menurut **Wheeler** (dalam Hartono, 1986), bahwa lempung *stoneware* harus memenuhi syarat yaitu plastis, sedapat mungkin tidak mengandung *besi* dan butiran kasar pasir, *vitrifikasi* awal 1200°C telah padat, jarak *sintering* 200° *Fahrenheit*, dapat dibakar dan dikeringkan dengan kecepatan biasa tanpa penambahan *grog*, bebas bahan *karbonat*, *sulfat* dan *garam* lain yang membentuk buih (*scum*) setelah dibakar serta badan raga kuat setelah dibakar padat atau membatu. **Schurecht** memberikan karakteristik fisik 2 katagori untuk lempung *stoneware* sebagai berikut:

Lempung *Stoneware*

Karteristik Fisik	Katagori 1 (Sangat Baik)	Katagori 2 (Baik)
Air Keplastisan (%)	24,2	23,0
Susut Kering Volum (%)	33,2	22,7

Kuat Lentur Kering 110°C (Lbs/lnc2)	467,9	247,3
Kesetaraan Pancang <i>Orthon</i> (°C)	1505	1680

b) Bahan Tidak Plastis

Pada umumnya bahan tidak plastis dapat mengurangi susut. Di dalam badan kramik bahan tidak plastis berfungsi sebagai pelebur, pembentuk fasa gelas, pembentuk kerangka atau sebagai pengisi, tergantung pada jenis bahannya. Jenis bahan mentah tidak plastis yang umumnya dipakai adalah:

- 1) *Kuarsa* atau *silica*, SiO_2 , di alam terdapat bentuk *kuarsa kristalin*, batuan *silica*, pasir *silica* dan *flint*. Di dalam badan keramik, *kuarsa* berfungsi sebagai pengurang susut, mengurangi keplastisan, memberikan struktur terbuka yang memudahkan gas-gas menguap waktu *vitrifikasi*, bertindak sebagai kerangka untuk mencegah terjadinya perubahan bentuk.
- 2) *Alumina*, Al_2O_3 , bahan ini bersifat sangat *refractory* dan stabil baik secara fisik maupun kimia. Secara kimia bahan ini bersifat *amphoter* yaitu reaksi *basa* terhadap SiO_2 membentuk senyawa *mullit* dan reaksi *asam* terhadap *oksida alkali*. Sedangkan senyawa *feldspar* Al_2O_3 bersifat netral. Dalam badan keramik *alumina* berfungsi sebagai penstabil massa gelas, meningkatkan *viscositas* dan titik lebur serta mencegah *kristalisasi*.
- 3) *Feldspar*, adalah senyawa *alumina silikat* yang mengandung satu atau lebih unsur *basa* yaitu: K, Na, Ca

atau Ba. Feldspar merupakan mineral yang sangat umum dalam batuan beku asam maupun basa. Karena sifatnya tidak plastis dan mudah lebur, maka dapat mengurangi susut kering, kekuatan kering dan menambah susut bakar. Disamping itu dapat mempermudah pengeringan, menambah kekuatan mekanik badan setelah dibakar dan dapat merendahkan suhu bakar.

2.1.5 Sifat-sifat massa badan keramik

Badan atau raga keramik terdiri dari *mineral-mineral* bahan tanah (*alumina silikat*) yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. **Plastis**, yaitu bahan basah yang mudah diberi bentuk dan bentuknya tetap bertahan walau tenaga pembentuk tidak diberikan lagi. Beberapa cara meningkatkan keplastisan seperti menambah air optimum yang dibutuhkan, membuat campuran rata / homogen, menambah bahan plastis jumlah tertentu, menambah bahan *flokulan* yang dalam fermentasi menghasilkan zat-zat yang dapat menguraikan unsur *karbon* dan *asam humus* serta *asam asetat*, menyempurnakan pengulatan dan penggilingan, juga menghilangkan udara yang terjebak.
- b. **Tekstur**, adalah sifat yang berasosiasi dengan ukuran dan bentuk *partikel* butiran massa, yang berpengaruh terhadap keplastisan massa basah dan kekuatan mekanis serta karakteristik produk setelah dibakar.
- c. **Kekuatan kering**, sangat memadai untuk penyempurnaan kerja dan benda tidak rusak dalam transportasi serta penyusunan saat dibakar. Sifat fisik bahan tergantung dari distribusi ukuran / bentuk butiran dari bahan plastis dan tidak plastis serta fraksi butiran halus massa. Juga tergantung cara pengolahannya, temperatur ruang,

- penyimpanan, kadar air optimum, kerataan campuran, cara memberi bentuk dan laju temperatur pengeringan.
- d. **Susut**, adalah perubahan ukuran / dimensi dari badan keramik yang berkaitan dengan proses pelepasan air terabsorpsi dan air terserap dalam pengeringan yang disebut susut kering. Berkaitan dengan *oksidasi*, dekomposisi, senyawa *karbon*, perubahan struktur *kristal* dalam proses pembakaran dinamakan susut bakar.
 - e. **Keporian**, yaitu sifat raga yang berpengaruh terhadap karakteristik fisik setelah dibakar seperti kekuatan, berat jenis, peresapan air, ketahanan kimia, dll. Keporian tergantung tingakatan sintering.
 - f. **Kekuatan biscuit**, adalah kekuatan setelah dibakar yang dipengaruhi oleh komposisi kimia dan *mineral* dalam badan serta kehalusan butiran penyusun massa, juga oleh tingkatan *sintering* pembakaran. Menjadi keras setelah dibakar, berkaitan pula dengan terbentuknya *kristal-kristal mullit* yang sudah terbentuk pada suhu 870 derajat Celcius dan laju pembentukkannya bertambah dengan naiknya temperatur. Jumlah *mullit* yang memadai minimal 1200 derajat Celcius.
 - g. **Warna**, setelah dibakar tergantung jenis unsur yang mempengaruhi seperti warna putih dipengaruhi oleh bahan mentah berasal dari pelapukan batuan *granit*, abu-abu kehitaman dari bahan yang mengandung unsur *karbon*, merah pengaruh *hematite* (Fe_2O_3), kuning / krem / coklat karena pengaruh *limonit* ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$), hijau dipengaruhi *silica* bersenyawa *besi*, dan keemasan pengaruh FeS_2 dimana unsur ini tidak dikendaki dalam pembuatan keramik halus.

Sifat-sifat tersebut di atas sangat sensitive terhadap perubahan komposisi dan jenis bahan yang dipakai, karena bhan mentah yng bervariasi.

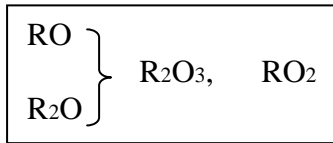
Tinjauan *earthenware* atau *gerabah* menurut **Sudarsin Hadi** (1986), terdiri dari:

- 1) **Gerabah halus lunak** (*Mayolika*) dengan peresapan air tidak lebih dari 20%, suhu bakar 100-1100°C, kisaran komposisi bahan tanah plastis 10-50%, *kaolin* 10-40%, *feldspar* 0-5%, *kuarsa* 10-30% dan kapur 0-10%.
- 2) **Gerabah halus keras** (*earthenware*) dengan peresapan air tidak lebih dari 15%, suhu bakar 1100-1150°C, kisaran komposisi bahan tanah plastis 10-20%, *kaolin* 40-50%, *feldspar* 0-5%, *kuarsa* 10-30% dan kapur 0-5%.
- 3) **Gerabah halus padat** (*stoneware*) atau keramik batu, dengan peresapan air kurang dari 5%, suhu bakar 1200-1300°C, kisaran komposisi bahan tanah plastis 0-20%, *kaolin* 30-40%, *feldspar* 10-20%, *kuarsa* 20-40% dan kapur 0-15%.

2.1.6 Cara Menyusun Komposisi

Cara menyusun komposisi massa badan keramik bisa dengan beberapa macam cara diantaranya:

- 1) Paduan bahan dalam resep, hal tersebut dilakukan untuk jenis dan bahan tertentu saja (sama). Bila menggunakan bahan lain perlu disusun resep baru, mengingat kandungan *mineral* tidak selalu sama dalam setiap bahan.
- 2) Campuran bahan dengan sistem 3 komponen, mengingat badan keramik hampir selalu tersusun 3 *mineral* utama yakni: unsur pemlastis (*ball clay, kaolin*), unsur penguat / kerangka / pembentuk (*kuarsa*) dan unsur pelebur atau *flux* (*feldspar*).
- 3) Menghitung ekivalensi oksida-oksida ke dalam rumus Seger, dikelompokkan menjadi 3 komponen yaitu: RO, R2O, R2O3 dan RO2 atau susunan sbb:



Pengertian:
 RO, R2O *oksida basa* berfungsi sebagai pelebur
 R2O3 *oksida amphoter* sebagai *modifier*
 RO2 *oksida asam* sebagai pengisi / pembentuk kerangka

4) Berdasarkan komposisi ki badan.

Metode dan pelaksanaan

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah: tanah Pejaten (Bali), tanah Meliling (Bali), tanah Baturiti (Bali), pasir padas Kapal (Bali), tanah putih (Lombok), *feldspar* Lodoyo (JAwa Timur), *ball clay* Bantur dan *grog* tanah Baturiti. Adapun alat yang dipakai: mortar + agat, ayakan 100 *mesh*, gelas ukur, cetakan kayu 12 X 2,5 X 1,5 X 1 cm, jangka sorong, tungku bakar, *pancang seger* dan *termokopel*.

Metode dan langkah kegiatan memakai metode eksperimen (percobaan) berupa pengujian sifat umum dari suatu campuran massa dengan contoh komposisi sebagai berikut:

Tabel Contoh Komposisi No. 1 s/d 8

No	Jenis Bahan (%)	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8
1	Tanah Pejaten	50	50	40	40	40	30	10	10
2	Tanah Meliling	40	30	40	20	10	50	40	50

3	Tanah Baturiti	10	20	20	40	50	20	50	40
4	Grog Tanah Baturiti	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabel Komposisi No. 9 s/d 17

Jenis Bahan (%)	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13	K 14	K 15	K 16	K 17
Tanah Pejaten	30	16	15	14	45,5	-	-	-	-
Tanah Meliling	5	-	-	-	6,5	55	70	70	70
Tanah Baturiti	35	64	60	56	13	25	10	15	20
Grog tanah baturiti	10	10	10	10	20	15	20	15	10
Feldspar Lodoyo	10	10	15	20	15	-	-	-	-
Pasir Padas Kapal	-	-	-	-	-	10	-	-	-

Tabel Komposisi No. 18 s/d 25

No	Jenis Bahan (%)	K 18	K 19	K 20	K 21	K 22	K 23	K 24	K 25
1	Tanah Meliling	-	-	-	-	90	80	70	60
2	Feldspar Lodoyo	5	10	15	20	-	-	-	-
3	Pasir	-	-	-	-	10	20	30	40

	Padas Kapal								
4	Tanah Putih Lombok	90	85	80	75	-	-	-	-
5	Ball Clay Bantur	5	5	5	5	-	-	-	-

Adapun kegiatan yang dilakukan adalah pengeringan bahan, menyamakan kandungan air sampai kering udara dengan dijemur pada panas terik matahari. Bahan kemudian diolah dengan cara digiling / digerus kering dengan mortar + agat sampai diperoleh butiran halus lolos ayakan 100 mesh. Dilanjutkan dengan pembuatan benda coba sesuai dengan komposisi tabel di atas dengan ukuran cetak kayu yang sama dan pada salah satu permukaan diberi dua tanda yang berjarak 10 cm. benda coba yang telah kering disusun dalam tungku dan dibakar suhu 1150 dan 1260 derajat Celcius. Setelah dibakar dikeluarkan dan diamati serta diperiksa sifat umum keramik seperti suara (nyaring / tidak nyaring), permukaannya (kasar atau kehalusan), warnanya, cacat (retak, lubang jarum, dll), susut jumlah bakar dan peresapan air.

Prosedur pemeriksaan massa badan keramik adalah sebagai berikut:

- a). Benda massa percobaan berbentuk batangan uji ukuran 12 X 2,5 X 1,5 X 1 cm, permukaan benda uji diberi tanda garis jarak 10 cm. Benda coba dikeringkan dan diukur kembali misalnya P cm.

Maka susut kering:

$$\frac{10 - P}{\text{-----}} \times 100 \%$$

10

- b). Benda coba di atas bibakar tertentu (1150 & 1260 *derajat celcius*). Setelah dibakar (yang semula P cm) diukur kembali misalnya **P 1** cm.

Maka susut bakar:

$$\frac{P - P1}{P} \times 100\%$$

Susut jumlah bakar:

$$\frac{10 - P1}{10} \times 100\%$$

- c). Benda coba yang sudah dibakar dibersihkan dari debu dan ditimbang misal beratnya **G** gram. Benda coba lalu direndam air bersih 24 jam, kemudian direbus mendidih selama 4 – 5 jam. Benda coba dikeluarkan dan dilap serta ditimbang kembali misal beratnya **G1** gram. Benda coba ditimbang lagi dalam keadaan tercelup dalam air misal beratnya **G2** gram.

Maka peresapan air:

$$\frac{G1 - G}{G} \times 100\%$$

Keporian semu:

$$\frac{G1 - G}{G2 - G} \times 100\%$$

- d) Pengamatan warna bakar ditentukan oleh penglihatan, demikian juga dengan struktur permukaan halus, kasar, kemungkinan retak-retak, ukuran dan bentuk retakan, terjadinya gelembung dan peleburan setempat.
- e) Pengamatan suara / bunyi ditentukan dengan memukul benda coba menggunakan alat dari besi yang dinyatakan nyaring dan tidak nyaring.

Hasil pengamatan dan pemeriksaan sifat umum keramik dibahas atau didiskusikan dan menghasilkan poin-poin berikut ini:

1. **Susut bakar**, pada umumnya susut bertambah dengan kenaikan suhu bakar.
Hal ini disebabkan :
 - bahan melepaskan kandungan air (berupa air selaput, air terserap dan air *kristal*);
 - bahan mengalami dekomposisi dengan mengeluarkan gas-gas;
 - terjadinya perubahan struktur *kristal* dan pembentukan *fasa* gelas dari bahan yang mudah melebur, sehingga jarak dan ukuran butiran semakin kecil.
2. **Peresapan air** turun apabila suhu bakar naik. Dalam pembakaran bahan-bahan yang mudah lebur akan lebih dulu membentuk *fasa* gelas dan mengisi pori-pori dari bahan keramik. Semakin banyak *fasa* gelas yang terbentuk semakin banyak pori-pori yang tertutup atau kedap air.

3. **Struktur permukaan** menunjukkan permukaan halus, baik pada suhu 1150°C & 1260°C, namun tidak semua komposisi *sintering* (matang) pada suhu tersebut.
4. **Warna** badan benda coba diperoleh bervariasi yaitu coklat, coklat tua, coklat kehitaman, merah bata, krem dan putih krem, itu semua tergantung suhu dan komposisi.

Suatu penelitian untuk menghasilkan komposisi bahan mentah keramik yang memenuhi syarat sebagai *body* jenis *earthenware* (*gerabah*) dan *stoneware*. Dengan metode eksperimental berupa pengujian sifat umum komposisi campuran bahan-bahan yang dibakar pada suhu 1150°C dan 1260°C. Sampel diamati struktur permukaannya, warna bakar, suara, susut bakar, keporian dan cacat yang terjadi dalam pembakaran. Badan massa percobaan menggunakan bahan lokal Bali dan luar Bali sebanyak 8 macam jenis tanah dengan jumlah 25 benda coba berbentuk batangan uji cetak plastis. Benda coba dikeringkan dan dibakar dalam tungku.

Hasil pengamatan dan pemeriksaan massa campuran diperoleh kesimpulan komposisi yang baik adalah sebagai berikut:

1. Untuk ***gerabah* halus lunak** diperoleh 1 komposisi yang memenuhi syarat, suhu 1150°C, peresapan air 16,28%, warna merah bata, suara nyaring, struktur halus, susut 16%, adalah komposisi **K15** dengan bahan tanah Meliling 70%, tanah Baturiti 10% dan *grog* tanah Baturiti 20%.
2. Untuk ***gerabah* halus keras** diperoleh 5 komposisi, suhu 1150°C, peresapan air 6,48-12,98%, susut 17,5 – 20%, warna coklat, coklat kehitaman dan krem, suara nyaring dan strukturnya halus. Adapun komposisi dan bahannya dalam tabel berikut:

No	Bahan Mentah	K1	K3	K4	K5	K6
1	Tanah Pejaten	50	40	40	40	30
2	Tanah Meliling	40	40	20	10	50
3	Tanah Baturiti	10	20	40	50	20
4	Grog tn. Baturiti	10	10	10	10	10

- Untuk **gerabah halus padat** diperoleh 1 komposisi yang baik yaitu **K14**, suhu 1150°C, peresapan air 4,85%, susut 6,3%, warna coklat tua, suara nyaring, *sintering*, terdiri dari tanah Meliling 55%, tanah Baturiti 25%, pasir padas Kapal 10%, dan *grog* tanah Baturiti 15%.
- Untuk **keramik batu (stoneware)** 7 komposisi, suhu 1260°C, peresapan air 0,29-5,85%, susut 10 – 18%, suara nyaring, struktur halus dan *sintering*.

No	Bahan Mentah	K9	K13	K14	K18	K19	K20	K21
1	Tanah Pejaten	30	45,5	-	-	-	-	-
2	Tanah Meliling	5	6,5	55	-	-	-	-
3	Tanah Baturiti	35	13	25	-	-	-	-
4	Grog Tn Baturiti	10	20	15	-	-	-	-
5	Feldspat Lodoyo	10	15	-	5	10	15	20
6	Pasir Padas Kapal	-	-	10	-	-	-	-
7	Tn Putih Lombok	-	-	-	90	85	80	75

8	Ball Clay Bantur	-	-	-	5	5	5	5
	Warna Hasil	Coklat	Coklat Hitam	Coklat Tua	Putih Krem	Putih Krem	Putih Krem	Putih Krem

PRAKTEK PERCOBAAN BAHAN KERAMIK 3:

Mengenai sifat keramik *green-body* dan *sintering* pasca bakar 1225°C untuk *stoneware* standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dengan bahan domestik. Sifat keramik dengan komposisi campuran 10% tanah putih Kalimantan (K-Kalimantan), 30% *felspar* Lodoyo (F-Lodoyo), 32% *clay* Bantur (C-Bantur), 10% *kuarsa* Belitung (Q-Belitung), 18% *kaolin* Belitung (K-Belitung) menunjukkan bahwa '*green body*' dari komposisi ini mempunyai sifat plastis dengan air bentuk 30-35%, tekstur halus-rapat dan susut kering 10%. Sedangkan pada suhu bakar 1225°C tercapai keadaan '*sintering*' dengan susut bakar 7,8%, susut jumlah 17,5%, peresapan air 2,3%, suara nyaring, tekstur halus-rapat dan warna putih pucat. Keramik dengan komposisi dan spesifikasi sifat tersebut diatas dengan metode "*freehand*" : slab, pijit-pilin, *coil*, putar, dapat dibuat bentuk keramik bervariasi dan tidak terjadi kecenderungan perubahan bentuk, retak, pecah atau cacat lainnya pada saat pembentukan, pengeringan atau pembakaran. Menurut data literatur dan ketentuan standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM) bahwa keramik dengan sifat-sifat tersebut termasuk dalam jenis *stoneware*.

Mempertimbangkan bahwa mutu produk Indonesia perlu ditingkatkan karena memasuki persaingan pasar bebas, dimana produk-produk domestik dapat dipasarkan ke luar negeri sebagai benda kualitas ekspor. Perlunya peningkatan

mutu produk Indonesia, termasuk produk keramik, maka salah satu unsur standar mutu bahan produk dapat merujuk pada ketentuan *American Society for Testing and Materials (ASTM)* sebagai indikator pencapaian mutu yang menyatakan bahwa tingkatan *sintering* suatu badan atau *body* keramik, atas dasar peresapan air (pa) nya ditetapkan diatas 0,5-3%, mendekati *vitreous*, mendekati *vitrifikasi* pada level pembakaran 1225-1260°C atau *cone* 8-10 untuk keramik halus padat keras jenis *stoneware*. Dan disamping itu merujuk pada Standar Nasional Indonesia (**SNI**).

Menurut *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, bahwa keramik adalah produk yang dibuat dari bahan galian *anorganik* non-logam yang diproses melalui pembakaran suhu tinggi dan mempunyai struktur *molekul kristalin* dan *non-kristalin* atau campuran keduanya. Sedangkan bahan mentah keramik adalah kumpulan *mineral* atau batuan yang dapat digunakan untuk pembuatan keramik baik dalam keadaan alami maupun setelah diproses (Hartono, 1983). Adapun proses pembuatan keramik terdiri dari : pengolahan bahan baku, pembentukan, pengeringan dan pembakaran.

Para keramikus atau seniman keramik biasanya menggunakan sifat keplastisan suatu bahan baku untuk menciptakan bentuk yang menarik dan indah. Bahan tersebut umumnya diperoleh dari hasil pencampuran dua atau lebih bahan mentah sehingga sifat ideal pada setiap proses dapat dipenuhi. Menurut **Daniel Rhodes** dalam bukunya yang berjudul *Stoneware and Porcelain, The Art of High-Fired Pottery*, dinyatakan karakteristik ideal bahan baku *stoneware* dapat bervariasi tergantung pada jenis barang yang dibuat, tetapi sebagian besar *artisan* akan memilih bahan baku yang memiliki sifat-sifat fisik prabakar (*green body*) yaitu: sangat plastis untuk pengerjaan dengan teknik putar, mengandung butiran kasar secukupnya yang memungkinkan untuk membuat bentuk besar, susut dalam pengeringan (susut kering) tidak

lebih dari 5%, tidak ada kecenderungan meleot, retak atau pecah dalam pengeringan, tidak mengandung *alkali* yang akan menimbulkan busa atau bahan *organik* dalam jumlah besar. Sedangkan sifat pascabakar (*cone 8-10*) yaitu : susut dalam pembakaran (susut bakar) tidak lebih dari 6%, peresapan air antara 1-5%, warna pada pembakaran *oksidasi* coklat sedang dengan tekstur, warna pada pembakaran *reduksi* coklat oranye muda (Rhodes, 1953).

Untuk mencapai sifat ideal suatu badan keramik, diperlukan tiga kelompok *mineral* yang mesti ada didalam bahan baku yaitu:

- a). **Bahan pengisi**, yaitu mineral *kuarsa*: batu *silika*, pasir *silika* : SiO_2 . Mineral yang diberi nama batu *silika* atau pasir *silika* dibuat serbuk dan ditambahkan pada campuran badan keramik. Selama proses pembakaran sedikit *silika* mengalami peleburan membentuk cairan gelas dan sebagian besar terjadi konversi membentuk *kristal kuarsa* dan memegang peranan penting yang menentukan perubahan sifat yang berkaitan dengan kekuatan badan. *Kuarsa* adalah bahan mentah keramik tahan api, tahan *asam / basa* dan keras. Jika hanya *kuarsa* sebagai komponen tentunya merupakan produk yang sangat bagus dengan ketahanan panas tinggi, tahan *asam / basa* dan awet, seperti pada produk keramik maju. Sayangnya serbuk halus *silika* adalah kering, tidak lekat dan rapuh setelah dibentuk. Oleh karena itu dalam pembentukan diperlukan bahan pengikat yang disebut *materialclay*, yang membantu pembentukan pasta.
- b). **Bahan pengikat** : mineral liat / plastis (*clay*) untuk meningkatkan kemampuan dibentuk, yaitu : *kaolinit* dengan rumus **Seger** : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Clay* tersusun dari

partikel-partikel halus yang berasal dari bubuk *mineral* yang mengalami pelapukan karena cuaca. Bubuk *mineral* lapuk yang mejadi *partikel* halus akan terbawa aliran dan mengendap pada pedangkalan yang menjadi kompak karena pengaruh reaksi *hidrothermal* atau bakteri tanah selama bertahun-tahun. Biasanya bahan ini digali, dicuci dan digunakan sebagai bahan mentah keramik sebagaimana adanya. Setelah penambahan air tertentu, material *clay* menjadi lengket. Campuran serbuk halus *kuarsa* dan *clay* dapat dirubah bentuknya dengan tekanan karena fungsi *clay* seperti tersebut dan bentuk tersebut tetap setelah tekanan dihentikan. Fenomena ini disebut sebagai "*plasticity*", dimana keramik dibentuk dengan memanfaatkan sifat keplastisan ini. Setelah kering sifat plastis akan hilang dan bentuk tetap seperti semula. *Clay* memiliki peranan untuk memberikan kemampuan dibentuk. Dalam pembakaran *clay* akan terurai, orientasi *partikel clay* berkurang dengan cepat dan runtuh sebelum *sintering*. Oleh karenanya kehadiran *feldspar* sebagai material *sintering* yang berfungsi mengikat *partikel* pada pembakaran suhu tinggi sangat diperlukan.

- c). **Bahan pelebur** (*sintering* material) : bahan yang mengandung *alkali* / *alkali* tanah. Mineral *feldspar* sebagai *sintering* material (bahan pelebur), yaitu *orthoclase*, dengan rumus **Sejer** : $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, adalah salah satu mineral *silikat* yang khas, yang digali dari daerah penambangan, dihancurkan menjadi serbuk halus dan selanjutnya digunakan dalam pembuatan badan keramik. *Feldspar* mudah lebur pada temperatur tinggi membentuk cairan gelas yang mengisi ruang pada badan, yang dapat mempengaruhi peleburan *partikel* halus dan mengikat *partikel* lebih besar serta memegang peranan sebagai

pasta yang menyatukan *partikel* mejadi padat setelah pendinginan. Leburan gelas ini disebut "*glass matrix*".

Materi dan metode yang dipergunakan, yaitu bahan baku keramik yang baru dibentuk (plastis / slip) terdiri dari butiran-butiran individu komponen penyusunnya yang dipisahkan oleh keporian dan air pembentuknya, sekitar 25-60% volume keporian, artinya belum membentuk ikatan kimia sehingga mudah terlepas satu sama lain. Untuk memperoleh sifat yang diperlukan yakni kekuatan, bahan yang telah dibentuk tersebut dibakar sampai temperatur tertentu sehingga diperoleh keramik yang kuat dan padat yang disebut pembakaran *sintering*. Pembakaran keramik sampai mencapai keadaan *sintering* umumnya antara 1100-1400°C. Untuk memperoleh tingkatan *sintering* tertentu tanpa terjadi cacat pada badan, kehadiran tiga mineral yaitu *kuarsa*, *felspar* dan *clay* sangat diperlukan. Berdasarkan hal ini maka sifat-sifat bahan baku yang menjadi perhatian dalam studi ini adalah sifat prabakar yang meliputi keplastisan, warna kering mentah, susut kering. Sedangkan sifat pascabakar meliputi warna, suara, susut bakar, susut jumlah dan peresapan air. Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perubahan sifat fisik pascabakar 1225°C, dilakukan perbandingan dengan sifat sampel pascabakar 900°C.

Dalam studi literatur, analisis pengaruh suhu terhadap perubahan sifat bahan dalam pembakaran keramik menurut **T.Oishi** dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. **Pelepasan air terikat**, pada sekitar suhu 100°C air terikat dilepaskan keudara, sebelum air terikat lepas sempurna, kenaikan suhu akan menguapkan air terikat dengan cepat dan terjadi letupan pada badan.
- b. **Penguraian *termal* senyawa organik**, pada sekitar suhu 250°C, zat *organik* pada badan (bakteri, bahan perekat,

potongan kayu, padi-padian, sebagai pengotor) secara perlahan-lahan terurai dengan pemanasan dan meninggalkan sisa karbon pada badan.

- c. **Pelepasan air kristal**, pada sekitar suhu 450°C , *clay* melepaskan air kristal, *kaolinit* terkonversi membentuk *metakaolin* dan sekaligus disertai terjadinya penyusutan volume. Reaksi ini bersifat *endothermik*, kenaikan suhu pada badan lebih rendah dari *ambien* dan perbedaan suhu pada badan melebar. Pada saat air *kristal* dilepaskan, kepemilikan sifat *partikel clay* sebagai pasta / pengikat berkurang dengan drastis. Karena itu kekuatan mekanik berkurang dan badan mudah menderita retak.
- d. **Inversi kuarsa**, pada suhu 573°C terjadi perubahan dari *alpha kuarsa* (suhu rendah) menjadi *beta kuarsa* (pada suhu tinggi). Pada proses ini terjadi pengembangan volume *kuarsa* sangat besar. Air *kristal* lepas badan menjadi getas dan ini menyebabkan menjadi retak.
- e. **Pelepasan sisa organik dengan pembakaran**, setelah material *organik* mengalami dekomposisi *termal*, tumpukan sisa (utamanya *karbon*) bereaksi dengan *oksigen* disekitar badan menjadi gas dan dengan cara difusi keluar dari badan.
- f. **Peleburan feldspar**, *feldspar* mulai lebur pada 800°C membentuk *fasa gelas* yang sangat kental pada suhu rendah. Kekentalan mengecil secara perlahan-lahan dari 850°C dan membasahi *partikel kuarsa* dan *meta kaolin* menjadi lebur dan mengisi ruang kosong diantara *partikel*. Dengan demikian proses ini mengurangi *porositas*, penyusutan dimensi dan meningkatkan kekuatan badan secara drastis.
- g. **Penyusutan bakar**, diatas 950°C *meta kaolin* berubah menjadi SiO_2 dan *spinel* $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$. Diatas 1000°C , *fasa gelas encer* membasahi *partikel kuarsa* dan *kuarsa* mulai lebur. Leburan *kuarsa* mengisi ruang diantara *partikel* dan

porositas menurun, badan menyusut dengan cepat. Dalam hal pembakaran *reduksi*, sebelum proses *reduksi*, pori tersisa pada badan. Proses *reduksi* sebaiknya selesai sebelum kematangan *glasir*.

- h. **Pembentukan *mullite***, pada suhu sekitar 1100 °C *spinel* dalam *fasa* gelas menjadi lebur, membentuk *kristal mullite* seperti jarum, yang mengisi seluruh bentuk jaringan gelas. Jumlah *kristal mullite* tergantung pada komposisi *fasa* gelas. Hubungan jumlah *kristal mullite* dan kandungan *fasa* gelas serupa dengan hubungan antara *fiber* dan gelas dalam gelas dengan penguat *fiber*. Keberadaan *mullite* memperkuat *fasa* gelas yang pada gilirannya berpengaruh pada peningkatan sifat-sifat mekanik produk. Penurunan kekentalan gelas lebih lanjut menyebabkan pengisian ruang kosong menjadi lebih cepat terpenuhi dan penyusutan dapat dikatakan tidak terjadi lagi.
- i. ***Sintering***, pada suhu diatas 1200°C, *partikel kuarsa* halus lebur seluruhnya dalam *fasa* gelas. *Partikel kasar kuarsa* terjadi peleburan pada permukaannya. Pada proses ini ukuran butiran berkurang tetapi butiran tersisa dalam *fasa* gelas dalam bentuk kristal *kuarsa* dan tidak terjadi peleburan sempurna. Ruang antara *partikel kuarsa* yang terisi *fasa* gelas hanya meninggalkan sedikit ruang kosong dalam bentuk pori tertutup (pori yang tidak berhubungan dengan udara). Pada kondisi ini *porositas* sangat kecil dan *sintering* berakhir. *Sintering* adalah tingkat keadaan padat suatu bahan atau badan keramik. Kepadatan adalah suatu keadaan badan yang tidak menyerap air dan mempunyai suara nyaring. Menurut *American Society For Testing Material*, menyatakan bahwa bodi *stoneware* memiliki tingkatan *sintering* mendekati *vitreous* dan mendekati *vitrifikasi* dengan peresapan air antara 0,5-3%.

Bahan, peralatan dan metode penelitian ini dipergunakan adalah bahan yang berasal dari dalam negeri (Indonesia) menurut bahan galian industri (Ajat, dkk, 1997), peralatan dan metode pengujian yang dipergunakan berdasarkan buku-buku Balai Besar Industri Keramik (Supomo, 1998 dan Solihin, 1986).

a. Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut di bawah ini:

- a). Tanah putih Kalimantan (W-Kalimantan)
- b). *Feldspar* Lodoyo (F-Lodoyo)
- c). *Kuarsa* Belitung (Q-Belitung)
- d). Clay Bantur (C-Bantur)
- e). *Kaolin* Belitung (K-Belitung)

Sedangkan peralatan yang diperlukan terdiri dari :

- a). Alat cetak sampel dengan ukuran bagian dalam
 $\pm 12 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}$,
- b). Mikrometer dengan ketepatan 0,1 mm,
- c). Neraca cg,
- d). Pisau atau potongan kayu untuk melicinkan sampel,
- e). Cetakan tanda garis panjang tepat 10 cm,
- f). Tungku laboratorium suhu tinggi (1300°C),
- g). Alat pengukur suhu.

Metode selanjutnya yang dipergunakan metoda percobaan atau eksperimental dengan tahapan sebagai berikut:

- a). Pengolahan bahan mentah untuk mencapai kehalusan butiran dibawah 0,125 mm.
- b). Penentuan komposisi campuran dengan cara persen berat dengan mempertimbangkan kandungan mineral *kuarsa*, *felspar* dan *clay* dalam campuran.
- c). Pembuatan benda uji dan penentuan susut kering, susut bakar, susut jumlah, peresapan air, warna dan suara).

Bahan baku kering udara dengan kehalusan butiran dibawah 0,125 mm ditambahkan air serata mungkin sehingga mencapai air pembentukan optimum. Kemudian ditutup dengan lap basah dan dibiarkan selama ± 2 jam, supaya terjadi pemerataan kadar air. Campuran lalu diulek dan dibanting-banting cukup lama, supaya airnya merata betul dan terbentuk massa plastis (tidak ada gelembung udara). Sifat plastis ditandai dengan sifat masa yang tidak lengket ketika ditekan dengan jari tangan dan dapat membentuk lingkaran 360° dengan keliling 10 cm, tebalnya 1 cm tanpa terjadi retak. Dari masa plastis itu dibentuk benda uji dengan menggunakan cetakan kayu yang sebelumnya bagian dalamnya diolesi minyak *mineral* supaya benda uji tidak melekat pada cetakan dan mudah dikeluarkan. Ukuran benda uji ± 12 cm x 2,5 cm x 1,5 cm. Untuk penentuan susut kering dan susut bakar pada tiap tingkat pembakaran digunakan paling sedikit 6 benda uji. Masa plastis yang dimasukkan dalam cetakan sebaiknya sedikit lebih banyak dari yang diperlukan untuk pembentukan ujinya, panjangnya dan lebarnya sedikit kurang, tetapi tebalnya lebih. Bahan massanya ditekan dari tengah ketepi hingga cetakannya berisi penuh. Kelebihan massa bahan kemudian dipotong dan permukaannya dibuat licin dengan pisau atau potongan kayu yang dibasahi. Setelah dibentuk, pada permukaannya diberi tanda garis 10 cm. Benda uji ditimbang

lalu dibiarkan pada udara terbuka sampai menjadi kering pada papan yang diberi sedikit berminyak.

Penentuan Standar SNI, penentuan susut kering, susut bakar, peresapan air, penentuan warna, cacat badan dan suara merujuk pada Standar Nasional Indonesia yaitu **SNI 15-0255-1984** dan **SNI 12-2580-92** sebagai berikut:

1. **Penentuan Susut Kering (SNI 15-0255-1984).** Benda uji yang dikeringkan pada papan, pada waktu-waktu tertentu dibalik-balik supaya pengeringannya merata dan mengurangi terjadi kelengkungan. Setelah benda uji menjadi kering (dikontrol dengan penimbangan, selisih berat kurang dari 0,5 g untuk 2 hari berturut-turut), jarak tanda garis ditentukan dengan mikrometer tepat sampai 0,1 mm (p cm), maka susut kering = $(10 - p)/10 \times 100$. Susut kering yang diberikan ialah hasil rata-rata susut kering benda uji yang diukur.
2. **Penentuan Susut Bakar (SNI 15-0255-1984).** Benda uji yang telah diukur jarak tanda garisnya p cm, untuk mengetahui susut kering, dibakar dalam tungku laboratorium sampai suhu yang telah ditentukan untuk setiap pembakaran. Kondisi pembakaran sebaiknya netral. Bila tidak memakai tungku listrik, benda uji dimasukkan dalam kapsel supaya terlindung dari api langsung. Kecepatan kenaikan suhu diatur sedemikian, sehingga sampai 900°C dalam waktu 4 - 5 jam, sesudah itu setiap kenaikan 100°C dalam waktu 1 jam.

Setelah pembakaran selesai, benda uji dibiarkan menjadi dingin dalam tungku. Jarak tanda garis benda uji lalu ditentukan dengan mikrometer tepat sampai 0,1 mm (p_1 cm).

Susut bakar = $(p - p_1) / p \times 100\%$ dan Susut jumlahnya = $(10 - p_1) / 10 \times 100\%$.

Susut bakar atau susut jumlah diberikan sebagai hasil rata-rata semua susut bakar atau susut jumlah benda uji yang diukur.

Penentuan peresapan air (SNI 12-2580-92), mula-mula benda uji pasca bakar dikeringkan dalam oven pada suhu 105 – 110°C, sehingga beratnya tetap. Kemudian didinginkan dalam desikator dan ditentukan berat keringnya (D gram) dengan ketelitian 0,01 g. Benda uji dipanaskan dalam wadah berisi air sampai mendidih dan ditahan selama 5 jam. Pasang penyekat atau semacamnya sebagai pemisah antara benda uji dengan dinding atau dasar wadah, begitupun antara benda uji satu dengan lainnya agar tidak bersentuhan. Kemudian dinginkan selama 24 jam, direndam dalam air, lalu keluarkan dan seka dengan kain lembab. Benda uji segera ditimbang dengan neraca yang ketelitiannya 0,01 g (W gram) maka, peresapan airnya adalah $= (W - D) / D \times 100\%$.

Penentuan warna, cacat badan dan suara, selain melakukan pengukuran untuk menentukan susut kering, susut bakar, susut jumlah dan peresapan air, juga dilakukan penentuan warna dan pengamatan cacat badan (retak, pecah, meleot) secara visual serta penentuan suara dengan memukul salah satu ujung benda uji dengan sesama atau benda pejal lainnya. Suara yang terdengar dinyatakan nyaring atau tidak nyaring.

Data dan pembahasan setelah melakukan pengamatan terhadap sampel benda uji, diperoleh rata-rata dari hasil pengamatan 6 sampel, sebagai berikut :

1. Data sifat fisik prabakar
 - Keplastisan : sangat plastis
 - Warna : krem
 - Susut kering : 10,0%
2. Data sifat fisik pascabakar 900°C

- | | |
|--------------------|-----------------|
| Warna | : putih krem, |
| Suara | : tidak nyaring |
| Susut bakar | : 0,9% |
| Susut jumlah | : 11,1% |
| Peresapan air (pa) | : 16,2% |
3. Data sifat fisik pascabakar 1225°C
- | | |
|--------------------|--------------|
| Warna | : putih krem |
| Suara | : nyaring |
| Susut bakar | : 7,8% |
| Susut jumlah | : 17,5% |
| Peresapan air (pa) | : 2,3% |
4. Data sifat fisik “*Green Body*” prabakar
- | | |
|-----------------|------------------|
| Keplastisan | : sangat plastis |
| Warna | : krem |
| Tekstur badan | : halus, rapat |
| Air pembentukan | : 30 - 35% |
| Susut kering | : 10,0% |
5. Data sifat fisik pascabakar 900°C
- | | |
|--------------------|------------------|
| Warna | : putih krem, |
| Suara | : tidak nyaring, |
| Tekstur badan | : halus rapat |
| Susut bakar | : 0,9%, |
| Susut jumlah | : 11,1%, |
| Peresapan air (pa) | : 16,2%, |

6. Data sifat fisik pascabakar 1225°C

Warna	: putih pucat
Suara	: nyaring,
Tekstur badan	: halus rapat
Susut bakar	: 7,8%,
Susut jumlah	: 17,5%,
Peresapan air (pa)	: 2,3%,

Dari telaah kepustakaan dan data hasil pengamatan mengenai sifat prabakar dan pascabakar badan yang diberi kode nama campuran III-A, yaitu W-Kalimantan (tanah putih Kalimantan) 10%, F-Lodoyo (*feldspar* Lodoyo) 30%, C-Bantur (*clay* Bantur) 32%, Q-Belitung (*kuarsa* Belitung) 10% dan K-Belitung (*kaolin* Biliton) 18%, dapat diuraikan sebagai berikut :

1. **Sifat Fisik Prabakar** (keplastisan, warna, air pembentukan, susut kering).

Keplastisan, adalah sifat dari bahan basah untuk dapat diberi bentuk dan mampu mempertahankan bentuk walaupun tenaga pembentuknya ditiadakan. Dengan definisi ini berarti untuk memperoleh sifat plastis, pada tanah kering perlu ditambahkan air sampai bisa dibentuk, yang disebut air pembentukan. Jika bahan basah yang telah diberi bentuk, dikeringkan maka air ini akan dilepaskan melalui proses penguapan dan menyebabkan penyusutan yang disebut susut kering. Dari hasil pengamatan, benda uji mencapai keadaan sangat plastis pada penambahan air 30-35% dari bahan kering dan pada pengeringan terjadi penyusutan 10,0%, yaitu angka yang sangat jauh diatas penyusutan yang dianggap ideal sebesar 5%. Walaupun angka ini sangat jauh berbeda, ternyata tidak berakibat buruk pada badan secara signifikan. Hal ini diperkuat lagi

dari penampakan visual yaitu tidak adanya : perubahan bentuk, retak, pecah maupun kecenderungan buruk lainnya. Namun perlu kehatian-hatian dalam proses pengeringan komposisi ini, karena penyusutan 10,0% termasuk angka yang sensitip terhadap pengeringan cepat. Jadi harus dikeringkan dengan perlahan sampai kadar air mencapai 10%. Warna badan pada keadaan kering adalah putih krem karena pengaruh unsur pengotor pada *felspar* berwarna kuning dan *clay* Bantur berwarna krem.

2. **Sifat Fisik Pascabakar** (Warna, Suara, Susut Bakar, Susut Jumlah, Peresapan Air)

a. Warna

Warna pascabakar memegang peranan penting. Warna putih atau gading disukai untuk barang pecah belah dan warna gelap disukai untuk barang seni, genteng dan sebagainya karena menghendaki penampilan bersifat alami. Tetapi dengan adanya teknologi glasir rasanya tidak ada masalah dengan warna putih, putih gading, krem atau gelap, karena penampilan dapat ditutup dengan penerapan glasir. Dengan badan ini diperoleh warna putih agak krem, karena pada bahan dalam komposisi mengandung sedikit oksida besi yang dalam pembakaran tinggi dapat memberikan nuansa krem.

b. Suara

Suara merupakan indikator kepadatan suatu badan keramik. Makin padat suatu badan suara makin nyaring. Hasil pengamatan dengan memukul badan uji dengan sesama atau logam menghasilkan suara yang tergolong nyaring. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian peresapan

air yang menghasilkan angka untuk mengindikasikan tingkat kepadatan.

c. Susut Bakar

Adanya penyusutan bakar ini disebabkan karena terjadinya penguapan sisa air pembentukan (air mekanis) yang belum keluar sempurna waktu pengeringan, pelepasan air kimia, dekomposisi senyawa *karbonat*, oksidasi senyawa organik (karbon), peleburan *feldspar* dan *kuarsa* yang mengakibatkan perubahan ukuran butiran pori. Setelah proses ini selesai penyusutan tidak terjadi lagi. Pada suhu bakar 1225°C, badan uji mengalami penyusutan sebesar 7,8% atau diatas angka yang dianggap ideal sebesar 6%. Rupanya penyusutan 7,8% ini masih dapat ditoleransi oleh unsur-unsur kekuatan badan sehingga cacat badan tidak terjadi secara nyata. Sedangkan susut jumlah adalah penyusutan yang terjadi dari keadaan basah (plastis) sampai pembakaran akhir 17,5%. Angka ini perlu mendapat perhatian untuk keperluan disain produk.

d. Peresapan Air

Peresapan air berkaitan tingkat kepadatan badan. Makin kecil peresapan airnya berarti badan semakin padat. Kepadatan merupakan indikator kekuatan suatu bahan. Pada suhu 1225°C dicapai peresapan air 2,3% suatu angka yang termasuk dalam daerah peresapan air untuk keramik *stoneware* menurut ketentuan **ASTM** yaitu diatas 0,5-3%.

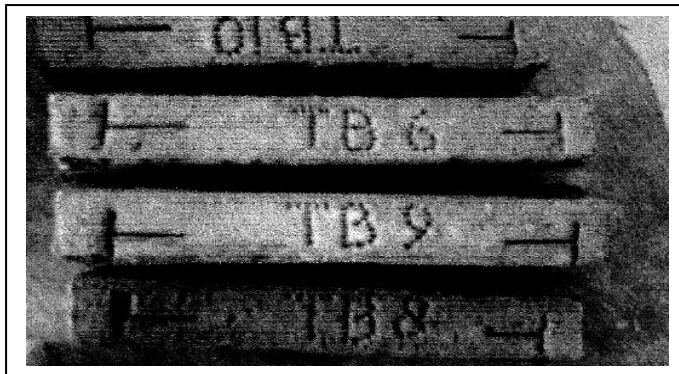
Jadi pada suhu ini tingkat kepadatan badan sudah memenuhi persyaratan secara teknis. Dari data diatas terlihat bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara penyusutan pada level suhu 900 dan 1225°C. Demikian juga peresapan air,

warna maupun suara menunjukkan perubahan sangat berarti secara fisik. Hal ini berarti suhu bakar berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik bahan baku keramik.

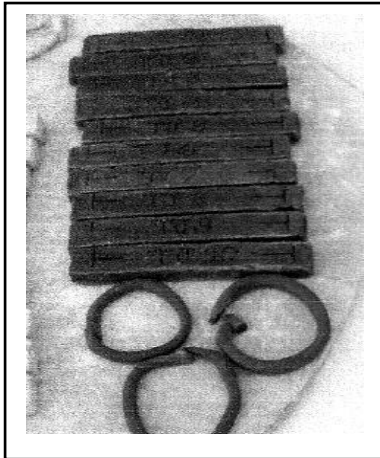
Berdasarkan telaah kepustakaan dan data hasil pengamatan akhirnya dapat disimpulkan bahwa komposisi III-A, yaitu tanah Kalimantan 10%, *feldspar* Lodoyo 30%, *clay* Bantur 32%, *kuarsa* 10% dan *kaolin* Belitung 18%, memenuhi persyaratan untuk pembuatan keramik halus padat *stoneware* dengan suhu pembakaran 1225°C dengan warna putih agak krem.

CONTOH HASIL UJI

TES PERCOBAAN SUHU BAKAR 900° C TANAH PEJATEN DAN TANAH KALIMANTAN UNTUK *BODY* KERAMIK & HASIL LAPORAN PRAKTEK MAHASISWA



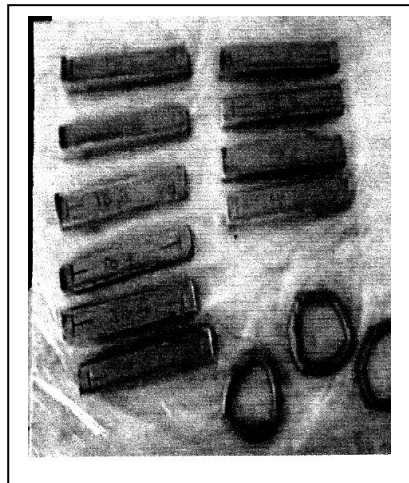
Kode	Panjang basah	Panjang kering	Panjang bakar	susut kering	susut bakar
TJ 1	9,9	9,3	8,9	6 %	4 %
TJ 2	9,9	9,3	8,9	6 %	4 %
TJ 3	9,9	9,3	8,8	6 %	5 %
TJ 4	9,9	9,3	8,8	6 %	5 %
TJ 5	9,9	9,3	8,8	6 %	5 %
TJ 6	9,9	9,3	8,8	6 %	5 %
TJ 7	9,9	9,3	8,8	6 %	5 %
TJ 8	9,9	9,3	8,8	6 %	5 %
TJ 9	9,9	9,3	8,9	6 %	4 %
TJ 10	9,9	9,3	8,9	6 %	4 %
RERATA	9,9	9,3	8,8	6 %	4,6 %



Pembakaran suhu 900°C



Pembakaran suhu 1000°C



Lempung Kalimantan

Kode	Panjang basah	Panjang kering	Panjang bakar	susut kering	susut bakar
TK 1	9,9	9,2	9,2	7 %	0 %
TK 2	9,9	9,2	9,2	7 %	0 %
TK 3	9,9	9,3	9,3	6 %	0 %
TK 4	9,9	9,3	9,2	6 %	1 %
TK 5	9,9	9,3	9,3	6 %	0 %
TK 6	9,9	9,3	9,3	6 %	0 %
TK 7	9,9	9,3	9,3	6 %	0 %
TK 8	9,9	9,2	9,2	7 %	0 %
TK 9	9,9	9,2	9,2	7 %	0 %
TK 10	9,9	9,3	9,3	6 %	0 %
RERATA	9,9	9,38	9,3	6,4 %	0,1 %

DATA BAHAN GALIAN KERAMIK DAERAH SINTANG-KALBAR Sub Direktorat Mineral Non Logam (Penelitian 2003: Kusdarto,Sjahril, M.Sodik.K, dan Toto.T.K)

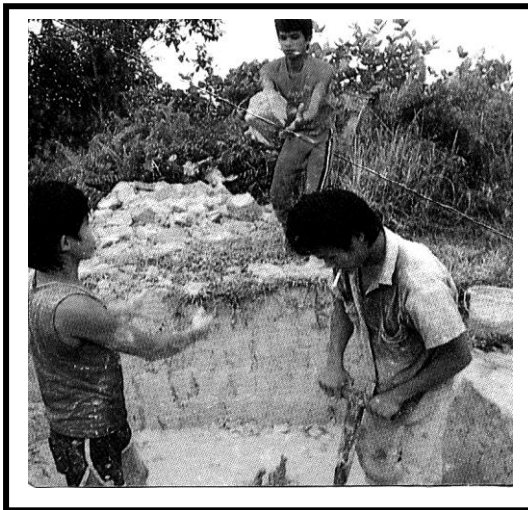
a. Berupa Bahan Galian Keramik

Di daerah Sintang dan sekitarnya dijumpai bahan galian keramik berupa kaolin dan feldspar, sumber daya hipotetiknya 130.000.000 m³ atau 260.000.000 ton, felspar dijumpai di Gunung Kelam wilayah Kecamatan Kelam Permai, diperkirakan sumber daya hipotetiknya 100.000.000 ton. Hasil campuran kaolin dan felspar dengan dibuat ubin ukuran 11 X 11 cm dengan komposisi kaolin : felspar = 60 % : 40 %, komposisi tersebut pada temperatur 1170o C, mempunyai susut bakar = 5,38 % dan penyerapan air = 18,14 %, dari hasil test tersebut, komposisi tersebut perlu ditambah pelebur (felspar) agar

didapatkan bodi dengan penyerapan air < 5 %. Di daerah Kabupaten Kapuas Hulu dijumpai bahan galian keramik berupa kaolin, sumber daya hipotetik endapan kaolin di daerah ini 32.000.000 ton. Melihat potensi dan kualitas dari kaolin dan felspar di daerah ini dapat dikembangkan sebagai bahan baku industri keramik, karena daerah ini dekat dengan Kawasan Andalan Sanggau (Kawasan Katulistiwa), yang merupakan salah satu kawasan andalan Kawasan Timur Indonesia (KTI).

b. Berupa Bahan Galian Industri

Bahan galian industri yang dijumpai di Kabupaten Sintang adalah pasir kuarsa dengan sumber daya hipotetiknya 520.000.000 m³ atau 1.040.000.000 ton. Dari hasil analisis kimia endapan pasir kuarsa di daerah ini kandungan SiO₂ = 92-96 %, Al₂O₃ = 1,71-3,78 % dan Fe₂O₃ = 0,08-0,89 %, Bahan galian industri yang dijumpai di Kabupaten Kapuas Hulu adalah pasir kuarsa, diperkirakan sumber daya hipotetiknya 30.000.000 ton dari kandungan SiO₂ = 88,91-96,60 %, Al₂O₃ = 1,92-7,00 % dan Fe₂O₃ = 0,08-0,97 %, dengan potensi yang ada diharapkan pasir kuarsa di daerah ini dapat digunakan sebagai baku dalam industri gelas/kaca serta industri.



**Industri Kecil
Perajin Keramik
Sedang Mengambil
Bahan Lempung
Di
Kalimantan**

BAB 3

GLASIR DAN FUNGSINYA

Glafir merupakan lapisan gelas tipis yang kontinyu melekat pada permukaan barang keramik, yang umumnya dibuat dari campuran bahan-bahan *silikat* yang melebur pada pembakaran tertentu.

Sifat fisik maupun kimia dari *glafir* hampir sama dengan gelas yaitu keras, licin, awet, tidak tembus air, tidak larut kecuali dalam *asam florida* (*basa* kuat lainnya) dan *impermeable* terhadap gas maupun cairan. Seperti halnya gelas, *glafir* tidak mempunyai ikatan *molekul* yang tegas, tetapi terdiri dari ikatan yang kompleks dan sifatnya mirip dengan larutan “lewat dingin” atau *undercooled solutions*.

Glafir mempunyai tekstur permukaan berwarna atau tidak berwarna, bias juga transparan, *translusen* (opak), *matt* atau *dof* (tidak mengkilap), yang sangat efektif dipergunakan sebagai unsur dekorasi atau ungkapan ekspresi para seniman (keramikus). *Glafir* mempunyai banyak fungsi, yang beberapa diantaranya tidak dapat diukur sifatnya.

Glafir keramik pada hakekatnya sama dengan gelas, yaitu keduanya dibuat dari bahan yang sama dari pasir *kwarsa* atau *silika*. Prosesnya pun sama yaitu dengan pembakaran suhu tinggi. Untuk mengerti apa sebenarnya gelas dan *glafir*, harus diketahui apa yang terjadi dalam proses pelelehan bahan dan gejala bahan untuk ber*kristal*. Masalahnya adalah suhu atau temperatur sesuatu bahan padat yang tidak organis, ada yang berupa **cairan, gas** dan wujud padat / pasir / tepung serta

tergantung pada tinggi suhu bakar. Misalnya air yang dikenal berwujud padat yaitu berupa es pada suhu di bawah 0°C, berupa cairan bila di atas 0°C sampai 100°C dan bila di atas 100°C air berupa uap (menguap) selanjutnya sebagai gas. Demikian pula dengan bahan padat seperti batu-batuan, pada suhu yang sangat tinggi seperti yang terjadi di dalam perut Bumi batu-batuan itu berupa cairan, bahkan pada suhu yang lebih tinggi lagi akan menjadi gas. Biasanya bahan cair suhu tinggi menjadi dingin, dan bahan tersebut terlihat meng*kristal* / membeku / memadat / membatu. Dalam keadaan *kristal*, *molekul-molekul* bahan akan tersusun dalam pola-pola yang berulang secara 3 dimensional berupa struktur. Tiap-tiap bahan membentuk *kristal-kristal* dengan bentuk dan susunan yang berbeda-beda.

Bagaimana caranya bahan ber*kristal* ? Sebagai contohnya adalah **gula** dan **garam**, yang masing-masing memiliki pola sendiri-sendiri. Apabila bahan *kristalin* dipanaskan, ikatan diantara *molekulnya* terpecahkan. Dan *molekul-molekul* menjadi lepas, tidak lagi terikat satu sama lain. Bahan-bahan yang meleleh tidak memiliki struktur yang *kristalin*. Saat menjadi dingin *molekul* itu menjadi jaringan yang teratur dan membeku, jadi padat dan kembali menjadi *kristal*.

Untuk mengerti sebaik – baiknya apa yang disebut *glasir*, pertama – tama harus mengetahui apa yang disebut gelas itu. Gelas dapat disebut sebagai bahan yang transparan (yang tembus oleh cahaya) dan terbentuk dari pendinginan suatu lelehan bahan – bahan bumi, khususnya bahan *silica* dan berupa bahan yang tidak berbentuk *kristal*. Untuk mengenal sifat gelas sebaiknya harus meninjau masalah pelelehan dan pembentukan *kristal* (kristalisasi) waktu pendinginan.

Pada umumnya apabila suatu bahan dari bumi dipanaskan cukup tinggi, maka bahan itu akan meleleh dan sewaktu dingin kembali bahan itu akan berbentuk *kristal*.

Memang kebanyakan dari bahan – bahan bumi berstruktur *kristal*. Dan dalam bentuk *kristal*, *molekul – molekul* dari bahan itu tersusun menurut pola – pola tertentu yang berulang – ulang. Pada waktu bahan yang berbentuk *kristal* dipanaskan, ikatan *molekul* itu akan terpecah. *Molekul – molekul* itu akan lepas dari susunan menurut pola tadi dan apabila sampai dalam keadaan cair maka disebut lelehan, karena suatu lelehan tidak memiliki *kristal – kristal* atau struktur *kristal*. Pada umumnya bahan-bahan diwaktu menjadi dingin *molekul – molekulnya* akan mulai lagi menyusun diri menurut pola *kristalnya* dan jika bahan itu membeku akan berbentuk *kristal* lagi.

Ada kalanya suatu bahan yang meleleh menjadi cairan waktu mendingin dan membeku kembali tidak berbentuk *kristal*, sehingga tetap memiliki sifat – sifat cairan. Cairan yang membeku demikian adalah gelas, sehingga dapat dianggap bahwa gelas itu sebagai “cairan” yang mendingin dan membeku tanpa *re – kristalisasi*. Adapun *oksida* yang membeku demikian itu dan menjadi gelas adalah **Silika**.

Silika adalah bahan dasar untuk membuat gelas. *Silika* leleh pada suhu 1710°C suatu suhu yang cukup tinggi, didalam alam jarang sekali terdapat gelas alam. Salah satu gelas adalah **Obsidian**. Gelas yang dibuat dari pasir *kwarsa* atau *silika* yang berada dalam keadaan *kristalin*. Dan dalam pemanasan tinggi seperti pasir *kwarsa* yang meleleh dan tidak lagi berbentuk *kristalin*, cairan ini didinginkan secara khusus hingga menjadi padat. Dan bahan padat gelas tidak menjadi *kristalin* lagi, juga memiliki karakteristik seolah seperti cairan. Cairan dimaksud adalah cairan yang membeku yang bersifat solid (padat) dan disebut gelas. Jadi **gelas** adalah: “Cairan yang membeku menjadi padat (*solid*) tanpa *re-kristalin*”. Bahan *silika* yang menjadi bahan utama gelas, bila didinginkan tidak ber*kristal* kembali, yaitu berada dalam bentuk cairan yang disebut **amorphous**, sebagai gelas. Dan proses pencairan

silika menjadi gelas disebut **fitrifikasi** (penggelasan). Adakalanya cairan *glasir* biasa membeku padat dan kembali menjadi *kristalin*, kejadian ini dinyatakan sebagai **de-fitrifikasi**. Untuk menjadi gelas yang bening / transparan dan tembus cahaya, cairan *silika* yang meleleh dalam proses pendinginannya tidak boleh mengalami **de-fitrifikasi**.

Di atas telah dikatakan bahwa *glasir* keramik pada hakekatnya adalah “gelas”, akan tetapi walaupun *glasir* itu adalah gelas, komposisi bahannya memang agak berbeda karena fungsinya adalah sebagai **pelapis** suatu benda keramik. *Glaser* pada prinsipnya **harus melekat** pada suatu benda keramik, sedangkan gelas dibentuk secara langsung dari lelehan bisa berupa botol, gelas, kaca, dan lainnya. Dengan demikian lelehan gelas itu harus agak cair.

Pada keramik, *glasir* itu tidak boleh meleleh turun dari benda yang dilapisi sehingga *glasir* itu harus lebih kaku. *Glaser* dibuat dari bermacam – macam campuran bahan baku yang belum meleleh dan campuran itu dicairkan dengan air kemudian dilapiskan merata pada permukaan benda keramik, dimana bahan tersebut akan meleleh ditempat (dalam tungku / oven) waktu dibakar.

Gelas dibuat dari campuran bahan *Silika* dengan bahan – bahan tambahan untuk menurunkan suhu pembakaran yang seluruhnya dilelehkan dulu menjadi cairan, dan kemudian pada saat cair itu dibentuk menjadi bermacam – macam benda.

Di atas telah dikatakan bahwa *glasir* itu tidak boleh terlalu cair sehingga akan turun dari benda yang dilapisi. *Glaser* itu harus lebih kaku dan hal tersebut dapat dicapai dengan membubuhkan *alumina* kedalam *glasir*. *Alumina* ini mempertinggi *viskositas* (*viscous* = lengket, liat) dari *glasir*. Dengan demikian *glasir* yang pada hakekatnya adalah ‘gelas’ tersebut dibuat dengan bahan dasar untuk gelas yaitu *Silika* beserta dengan bahan pelapis tambahan lainnya untuk menurunkan suhu pembakaran *glasir*, diperlukan juga bahan

alumina untuk membuatnya lebih liat serta melekat pada benda keramik yang dilapisi.

Glasir adalah lapisan berupa gelas yang telah dilelehkan setempat pada permukaan benda keramik, sehingga membuat benda yang dilapisi itu menjadi halus dan tidak berpori, serta bisa diberi warna atau tekstur menurut kehendak si pembuat.

Glasir harus melekat pada benda keramik yang akan dilapisi. Untuk mencapai itu ada 3 komponen yang diperlukan, misalnya pasir *kwarsa* / *silika* sebagai bahan gelas; lalu bahan peleleh (*flux*) yang dapat mempercepat pelelehan dan menurunkan titik lebur / titik leleh seluruh bahan *glasir*; Dan diperlukan pula bahan yang memungkinkan *glasir* itu dapat melekat dan bersatu dengan *body* benda keramik, berupa bahan tanah liat.

Dengan demikian dalam pembuatan *glasir* telah dapat ditetapkan komponen dasar yang umumnya dipakai para keramikus sebagai berikut:

- a) terdiri dari komponen bahan pembentuk gelas, misalnya:
pasir *kwarsa* murni atau *silika* --- SiO_2
- b) terdiri dari komponen *flux* atau bahan peleleh (pelebur), misalnya: *oksida-oksida* yang titik leburnya relatif rendah;
- dan c) terdiri dari komponen pelekat, yang merupakan kerangka *glasir* yang sifatnya sama dengan bahan *body* benda keramik yang akan dilapisi (unsur tanah liat) misalnya: *alumina* --- $\text{Al}_2 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{O}_3$

Menurut **Brian Alexander** yang mengemukakan bahwa diperlukan 3 macam bahan mentah dalam membuat *glasir* , yaitu

- 1) **Gelas forma** (*Glass former*) adalah bahan mentah untuk membuat bahan seperti kaca (*silika*),

- 2) **Stabilisator** (*stiffener*) adalah bahan mentah untuk mencegah meleleh (*alumina*) sebagai kerangka.
- 3) **Flux** (pelebur) adalah bahan yang membuat melebur bahan-bahan di atas (1&2), melebur dan meleleh di dalam suhu yang lebih rendah (Brian Alexander, 2001: 44).

Selanjutnya untuk dapat membuat *glasir* diperlukan pengetahuan khusus (tersendiri) yaitu tentang jenis-jenis *glasir*, bahan-bahan baku *glasir*, rumus- perhitungan-formula dan resep-resep *glasir*.

3.1 Pengertian dan Fungsi *Glasir*

Glasir merupakan lapisan gelas tipis yang kontinyu melekat pada permukaan barang keramik, yang umumnya dibuat dari campuran bahan-bahan *silikat* yang melebur pada pembakaran tertentu.

Sifat fisik maupun kimia dari *glasir* hampir sama dengan gelas yaitu keras, licin, awet, tidak tembus air, tidak larut kecuali dalam *asam florida* (*basa kuat lainnya*) dan *impermeable* terhadap gas maupun cairan. Seperti halnya gelas, *glasir* tidak mempunyai ikatan molekul yang tegas, tetapi terdiri dari ikatan yang kompleks dan sifatnya mirip dengan larutan “lewat dingin” atau *undercooled solutions*.

Glasir mempunyai tekstur permukaan berwarna atau tidak berwarna, bias juga transparan, *translusen* (opak), *matt* atau dof (tidak mengkilap), yang sangat efektif dipergunakan sebagai unsur dekorasi atau ungkapan ekspresi para seniman (keramikus). *Glasir* mempunyai banyak fungsi, yang beberapa diantaranya tidak dapat diukur sifatnya (Lawrence W.C & West R.R). Fungsi-fungsi *glasir* adalah sebagai berikut:

- a. Memberi suatu lapisan yang bersifat halus, dekoratif dan estetis.

- b. Bermanfaat untuk menutup bagian bentuk benda atau *body* keramik yang cacat.
- c. Menjadikan barang keramik mudah untuk dibersihkan dan mudah dalam pemeliharannya.
- d. Menambah kerapatan permukaan *body* / badan keramik, sehingga tidak mudah ditembus oleh gas atau cairan (kedap).
- e. Sebagai pelindung dekorasi "*under glaze*" dan dapat mencegah terjadinya kerusakan benda di udara terbuka.
- f. Pelapisan protektif, sehingga lebih tahan terhadap pengaruh mekanis seperti goresan, benturan dan pengaruh kimia bahan *asam* atau *basa*.
- g. Dapat meningkatkan kekuatan mekanik dari bahan keramik.
- h. Dapat memberikan efek optis yang memberikan kesan *luster* (mengkilat) terutama kepentingan dalam pembuatan barang keramik untuk perlengkapan makan dan minum.

Sifat *glasir* yang dapat diukur, tetapi tidak berkaitan dengan fungsi nyata yakni sebagai berikut:

- a. *Ko-efisien* muai panas
- b. Modulus *elastisitas young*
- c. Kekuatan tarik
- d. Kekerasan
- e. *Opasiti*
- f. Tegangan permukaan
- g. Indeks bias
- h. Dan sebagainya.

Sebagaimana besar karakteristik penting dari *glasir* banyak dipengaruhi oleh sifat kealaman *glasir* yang sulit dikaji melalui

hasil pengukuran dan sekaligus sulit dikendalikan (Lewrence W.C & West R.R).

3.2 Sifat Gelas dan *Glafir*

Glafir keramik pada hakekatnya sama dengan gelas, yaitu keduanya dibuat dari bahan yang sama dari pasir *kwarsa* atau *sikika*. Prosesnya sama dengan pembakaran suhu tinggi. Untuk mengerti apa sebenarnya gelas dan *glafir*, harus diketahui apa yang terjadi dalam proses pelelehan bahan dan gejala bahan untuk *berkristal*. Masalahnya adalah suhu atau temperatur sesuatu bahan padat yang tidak organis berupa: **cairan, gas** dan **wujud padat / pasir / tepung** (tergantung tinggi suhu bakar).

Misalnya air yang dikenal berwujud:

- Padat berupa es pada suhu di bawah 0°C
- Sebagai cairan di atas 0°C sampai 100°C
- Sedangkan di atas 100°C menguap sebagai gas.

Demikian pula dengan bahan padat seperti batu-batuan, pada suhu yang sangat tinggi seperti yang terjadi di dalam perut Bumi, batu-batuan itu berupa cairan, bahkan pada suhu yang lebih tinggi lagi akan menjadi gas. Biasanya bahan cair suhu tinggi menjadi dingin, dan bahan tersebut terlihat *mengkristal / membeku / memadat / membatu*. Dalam keadaan *kristal*, molekul-molekul bahan akan tersusun dalam pola-pola yang berulang secara 3 dimensional berupa struktur. Tiap-tiap bahan membentuk *kristal-kristal* dengan bentuk dan susunan yang berbeda-beda. Bagaimana caranya bahan *berkristal* ? Sebagai contohnya adalah **gula** dan **garam**, yang masing-masing memiliki pola sendiri-sendiri. Apabila bahan *kristalin*

dipanaskan, ikatan diantara molekulnya terpecahkan. Dan molekul-molekul menjadi lepas, tidak lagi terikat satu sama lain. Bahan-bahan yang meleleh tidak memiliki struktur yang *kristalin*. Saat menjadi dingin molekul itu menjadi jaringan yang teratur dan membeku jadi padat dan kembali menjadi *kristal*. Untuk mengerti sebaik – baiknya apa yang disebut *glasir* itu, pertama – tama harus mengetahui apa yang disebut gelas itu.

3.2.1 Gelas

Gelas dapat disebut sebagai bahan yang transparan (yang tembus oleh cahaya) dan terbentuk dari pendinginan suatu lelehan bahan – bahan bumi, khususnya bahan *silica* dan berupa bahan yang tidak berbentuk *kristal*. Untuk mengenal sifat gelas sebaiknya harus meninjau masalah pelelehan dan pembentukan kristal (kristalisasi) waktu pendinginan.

Pada umumnya apabila suatu bahan dari bumi dipanaskan cukup tinggi, maka bahan itu akan meleleh dan sewaktu dingin kembali bahan itu akan berbentuk *kristal*. Memang kebanyakan dari bahan – bahan bumi berstruktur *kristal*. Dan dalam bentuk *kristal*, molekul – molekul dari bahan itu tersusun menurut pola – pola tertentu yang berulang – ulang. Pada waktu bahan yang berbentuk kristal dipanaskan, ikatan molekul itu akan terpecah. Molekul – molekul itu akan lepas dari susunan menurut pola tadi apabila sampai dalam keadaan cair yang disebut lelehan.

Sesuatu lelehan tidak memiliki *kristal – kristal* atau struktur *kristal*. Waktu bahan itu jadi dingin maka molekul – molekulnya akan mulai lagi menyusun diri menurut pola *kristalnya*, dan jika bahan itu membeku akan berbentuk *kristal* lagi.

Ada kalanya suatu bahan yang meleleh menjadi cairan waktu mendingin dan membeku kembali tidak akan berbentuk

kristal, sehingga tetap memiliki sifat – sifat cairan. **Cairan** yang **membeku** demikian adalah **gelas**, sehingga dapat dianggap **gelas** itu sebagai **cairan** yang **mendingin dan membeku** tanpa **re – kristalisasi**. Adapun *oksida* yang membeku demikian itu dan menjadi gelas adalah : **Silika**.

Silika adalah bahan dasar untuk membuat gelas.

Silika leleh pada suhu 1710°C suatu suhu yang cukup tinggi, didalam alam jarang sekali terdapat gelas alam. Salah satu gelas adalah **Obsidian**. Gelas yang dibuat dari pasir *kwarsa* atau *silika* yang berada dalam keadaan *kristalin* dan dalam pemanasan tinggi pasir *kwarsa* meleleh dan tidak lagi berbentuk *kristalin*, cairan ini didinginkan secara khusus hingga menjadi padat. Dan bahan padat gelas tidak menjadi *kristalin* lagi, juga memiliki karakteristik seolah seperti cairan. Cairan dimaksud adalah cairan yang membeku yang bersifat solid (padat) dan disebut **gelas**. Jadi gelas adalah: “**Cairan yang membeku menjadi padat (solid) tanpa re-kristalin**”. Bahan *silika* yang menjadi bahan utama gelas, bila didinginkan tidak ber*kristal* kembali, yaitu berada dalam bentuk cairan yang disebut **amorphous**, sebagai gelas. Dan proses pencairan *silika* menjadi gelas disebut **fitrifikasi** (penggelasan). Adakalanya cairan glasir bias membeku padat dan kembali menjadi kristalin, kejadian ini dinyatakan sebagai **de-fitrifikasi**. Untuk menjadi gelas yang bening / transparan dan tembus cahaya, cairan *silika* yang meleleh dalam proses pendinginannya tidak boleh mengalami **de-fitrifikasi**.

3.2.2 Perbedaan Gelas dan *Glasir*

Di atas telah dikatakan bahwa *glasir* keramik pada hakekatnya adalah “gelas”, akan tetapi walaupun *glasir* itu adalah gelas, komposisi bahannya memang agak berbeda karena fungsinya adalah sebagai pelapis suatu benda keramik. *Glasir* pada prinsipnya harus melekat pada suatu benda

keramik, sedangkan gelas dibentuk secara langsung dari lelehan berupa botol, gelas, kaca, dan lainnya. Dengan demikian lelehan gelas itu harus agak cair.

Pada keramik, *glasir* itu tidak boleh meleleh turun dari benda yang dilapisi sehingga *glasir* itu harus lebih kaku.

Glasir dibuat dari bermacam – macam campuran bahan baku yang belum meleleh dan campuran itu dicairkan dengan air kemudian dilapiskan merata pada permukaan benda keramik, dimana bahan tersebut akan meleleh ditempat (dalam tungku / *oven*) waktu dibakar.

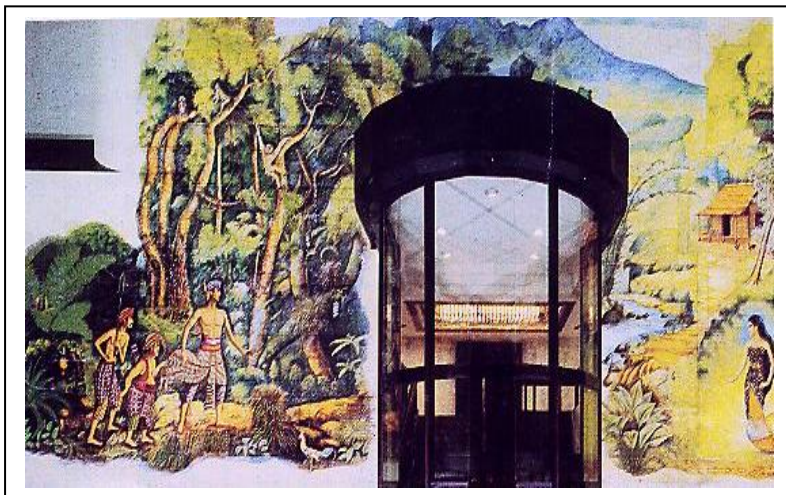
Gelas dibuat dari campuran bahan *Silika* dengan bahan – bahan tambahan untuk menurunkan suhu pembakaran yang seluruhnya dilelehkan dulu menjadi cairan, dan kemudian pada saat cair itu dibentuk menjadi bermacam – macam benda.

Di atas telah dikatakan bahwa *glasir* itu tidak boleh terlalu cair sehingga akan turun dari benda yang dilapisi. *Glasir* itu harus lebih kaku dan hal dapat dicapai dengan membubuhkan *alumina* kepada *glasir*. *Alumina* ini mempertinggi *viskositas* (*viscous* = lengket, liat) dari *glasir*. Dengan demikian *glasir* yang pada hakekatnya adalah ‘gelas’, dibuat dengan bahan dasar untuk gelas, yaitu *Silika* beserta dengan bahan pelapis lainnya untuk menurunkan suhu pembakaran dan bahan *alumina* untuk membuatnya lebih liat serta melekat pada benda keramik yang dilapisi. *Glasir* adalah lapisan berupa gelas, yang telah dilelehkan setempat pada permukaan benda keramik, sehingga membuat benda itu halus dan tidak berpori, serta berwarna atau bertekstur menurut kehendak pembuat.

Hakekatnya *glasir* sama dengan gelas, perbedaannya terutama dalam hal pembuatannya:

- a. Gelas dibentuk langsung menjadi benda dengan proses peniupan atau pencetakan pada saat gelas berupa cairan suhu panas tinggi yang kental dan liat.

- b. *Glisir* adalah pelapis barang / *body* keramik yang melekat pada permukaan benda keramik dan menutup sebagai lapisan gelas tipis.
- c. Gelas dapat dibuat langsung dari pasir *kwarsa*. Untuk menurunkan suhu peleleh *silika* dari 1710°C ke suhu 1400°C yang lebih operasional biasanya *kwarsa* murni dibubuhi bahan peleleh atau *flux*, sehingga dapat mempercepat pelelehan seluruh campuran atau dapat menurunkan suhu leleh pembuatan gelas.
- d. *Glisir* harus melekat pada benda keramik yang akan dilapisi. Untuk mencapai itu ada 3 komponen diperlukan:
 - 1. Pasir *kwarsa* / *silika* sebagai bahan gelas
 - 2. Bahan peleleh, yang mempercepat pelelehan dan menurunkan titik lebur / titik leleh seluruh bahan *glasir*
 - 3. Bahan yang memungkinkan *glasir* itu melekat dan bersatu dengan *body* benda keramik / bahan tanah liat.



Keterangan Gambar:
Lukisan Tangan Dengan Bahan *Glafir* di Atas Keramik Pada Dinding
Gedung Graha Pemuda Jakarta

3.2.3 Komponen Dasar *Glafir*

Para pekerja keramik mengenal bahan yang disebut *kalkspat* (kapur) yaitu merupakan bahan *karbon* hasil persenyawaan *karbon*, oksigen dan *calcium*. Dalam pembuatan *glafir* suhu rendah banyak memakai bahan yang disebut *load-manie*, yaitu *oksida* dari tanah hitam (*plumbum* atau Pb). *Oksida* Pb ini ada dua macam:

- a. **White-lead** atau oksida tanah yang putih . Yang terjadi
---Pb+O---PbO
- b. **Load-manie** yang disebut pula **Red-lead** . Yang terjadi
---Pb+O---Pb3O4

Perbedaannya jelas bahwa pada *load-manie*, satu butir terkecil *molekul* terdiri dari 3 *molekul* Pb dan 4 *molekul* O, sehingga dalam pembuatan *glafir* bahan *load-manie* itu pelelehannya di dalam pembakaran sangat baik oleh karena mengandung *oksigen* yang ekstra. Selain dari pada itu *load-manie* sebagai bahan butirannya halus, sedangkan *white-lead* berbutir lebih kasar.

Di dalam ilmu kimia, unsur-unsur kimia yang dikenal, diperhitungkan dalam segala macam penggunaan yang akan menghasilkan reaksi kimia dengan satuan yang disebut **molekul**. Juga untuk *oksida-oksida* dan yang dinamakan *karbonat*, satuan yang dipergunakan adalah **molekul**. Dengan demikian jelas terlihat bahwa pengertian **molekul** itu bukan merupakan satuan yang terkecil, oleh karena masih ada pengertian **atom**. Satu **molekul** misalnya terdiri atas beberapa

atom. Unsur-unsur kimia mempunyai berat timbangan yang berbeda satu sama lain, berat timbangan itu dinyatakan sebagai **berat molekul** dan **berat atom**. Di dalam perhitungan keramik umumnya dipergunakan istilah "**berat molekul**" saja.

Glafir harus melekat pada benda keramik yang akan dilapisi. Untuk mencapai itu ada 3 komponen diperlukan: misalnya pasir *kwarsa* / *silika* sebagai bahan gelas; lalu bahan peleleh, yang dapat mempercepat pelelehan dan menurunkan titik lebur / titik leleh seluruh bahan *glafir*; Dan bahan yang memungkinkan *glafir* itu melekat dan bersatu dengan *body* benda keramik / bahan tanah liat.

Dengan demikian dalam pembuatan *glafir* telah dapat ditetapkan komponen dasar yang umumnya dipakai para keramikus sebagai berikut:

- a. Terdiri dari komponen bahan pembentuk gelas, misalnya: pasir kwarsa murni atau silika --- SiO_2
- b. Terdiri dari komponen *flux* atau bahan peleleh (pelebur), misalnya: *oksida-oksida* yang titik leburnya relatif rendah
- c. Terdiri dari komponen pelekat, yang merupakan kerangka *glafir* yang sifatnya sama dengan bahan *body* benda keramik yang akan dilapisi (unsur tanah liat) misalnya: *alumina* --- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Menurut **Brian Alexander** yang mengemukakan dalam buku **Kamus Keramik** bahwa diperlukan 3 macam bahan mentah dalam membuat *glafir* yaitu sebagai berikut: (Brian Alexander, 2001: 44).

1. **Gelas forma** (*Glass former*) :
Bahan mentah yang membuat bahan seperti kaca (*silika*)

2. **Stabilisator** (*stiffener*) :
Bahan mentah untuk mencegah meleleh (*alumina*)
sebagai kerangka

3. **Flux** :
Bahan yang membuat bahan di atas (1 & 2) melebur dan
meleleh di dalam suhu yang rendah

Pengetahuan tentang *glasir* akan lebih mudah
dimengerti bila bertitik tolak dari *glasir* yang sudah jadi, yakni
yang melekat pada benda. *Glasir* yang terbentuk dalam proses
pemanasan dan pelelehan di dalam tungku terdiri dari unsur-
unsur *oksida*.

Pengetahuan *glasir* yang penting adalah sebagai berikut:

- a. Tentang hubungan berbagai macam *oksida* di dalam
glasir
- b. Jumlah *oksida-oksida* di dalam *glasir* itu secara relatif
- c. Dan efek atau reaksi dari *oksida-oksida* itu satu sama
lain di dalam proses pembakaran.

Berbicara tentang *oksida glasir*, haruslah dapat dibedakan dua
macam *oksida* yakni:

1. *Oksida-oksida* di dalam *glasir* yang telah melalui proses
pemanasan.
2. *Oksida-oksida* yang masih terdapat di dalam bahan
bakunya untuk membuat *glasir*.

Raw-Material, atau bahan baku untuk *glasir* biasanya
mengandung beberapa macam *oksida*. Pasir *kwarsa* dengan
formula SiO_2 merupakan bahan baku yang hanya
mengandung satu macam bahan yaitu SiO_2 . Akan tetapi bila
kaolin yang dipergunakan sebagai komponen kerangka *glasir*
dan pelekat pada benda memiliki formula $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ yang
berarti *kaolin* sebagai bahan baku *glasir* mengandung 2
macam *oksida* Al_2O_3 dan SiO_2 . Selain dari pada itu dari

formula *kaolin* terlihat bahwa 1 molekul *kaolin* terdiri dari dan dapat dipecah menjadi 1 molekul Al_2O_3 dan 2 molekul SiO_2 ..



Ada juga bahan bahan baku *glasir* yang berupa *karbonat* yang dalam pembakaran menghasilkan *oksida* yang diperlukan *glasir* misalnya *kalkspat* (*calcium carbonat*) dengan formula $CaCO_3$ yang dalam *glasir* berfungsi sebagai bahan *flux* (pelebur). *Calcium Carbonat* dalam pembakaran akan pecah menjadi *calcium oxide* (CaO) dan *carbon dioxide* (CO_2), menurut reaksi : ----- $Ca CO_3 \text{ --- } CaO + CO_2$

Dalam *glasir* yang sudah jadi hanya mendapatkan CaO yaitu *oksida kalsium*, karena CO_2 berupa gas yang menguap dari tungku atau sebagian terbakar. Dengan demikian hendaknya dipakai dalam *glasir* yang sudah jadi, yang hanya menemukan *oksida-oksida* saja. Sedangkan dalam pembuatan *glasir* dipergunakan bahan baku *glasir* yang kadang-kadang mengandung berbagai macam *oksida* atau *carbonat*. Pertamanya yang harus diketahui *oksida-oksida* apa saja yang biasa terdapat dalam *glasir* yang sudah jadi, misalnya:

PbO	:	<i>Lead Oxide</i>
Na ₂ O	:	<i>Natrium Oxide (Sodium Oxide)</i>
K ₂ O	:	<i>Kalium Oxide (Potassium Oxide)</i>
CaO	:	<i>Calcium Oxide</i>
MgO	:	<i>Magnesium Oxide</i>
BaO	:	<i>Barium Oxide</i>
Li ₂ O	:	<i>Lithium Oxide</i>
SrO	:	<i>Stromtium Oxide</i>
SbO	:	<i>Antimony Oxide</i>
B ₂ O ₃	:	<i>Boric Oxide</i>
ZnO	:	<i>Zinc Oxide</i>
Al ₂ O ₃	:	<i>Alumunium Oxide</i>
TiO ₂	:	<i>Titanium Oxide</i>
SiO ₂	:	<i>Silicium Oxide / Silicon dioxide</i>
SnO ₂	:	<i>Tin Oxide</i>

Dan lain sebagainya.

Sebenarnya didalam suatu *glasir* hanya akan terdapat beberapa macam *oksida* (*oksida*) saja, walaupun di atas dapat dilihat banyak macamnya. Dengan demikian akan ditemukan didalam bermacam – macam jenis *glasir*, bermacam – macam kombinasi *oksida – oksida* itu.

Perlu dicatat, bahwa *oksida – oksida* tersebut diatas adalah *oksida – oksida* pembentuk *glasir*, karena disamping itu ada *oksida – oksida* lain yang ditambahkan untuk mendapatkan warna. *Oksida – oksida* pewarna ini akan diurai kemudian.

3.2.4 Type-type *Glasir*

Pengetahuan pembuatan *glasir* berasal dari tahun – **5000 S. M.** Pada umumnya *glasir – glasir* kuno itu sederhana sifatnya, karena pembuatannya tidak berdasarkan atas pengetahuan kimia dengan perhitungan – perhitungan ilmiah seperti yang sekarang dilakukan. Walaupun demikian hasilnya tak bernilai rendah, dan hingga sekarang type – type *glasir* kuno itu masih banyak dipergunakan.

1) Egyptian Glaze; Di **Mesir** banyak diketahui benda – benda yang berglasir, berupa patung – patung kecil, perhiasan dll. Berasal dari zaman **Fir'aun**. Pada hakekatnya pada type *glasir* ini, *glasir* tidak merupakan lapisan saja, karena bahan – bahan *glasir* itu dicampurkan pada tanah liat untuk membentuk benda – benda tab.

2) Glasir Timbel (Lead-glaze);

Suatu kemajuan yang dicapai adalah dengan mempergunakan bahan *glasir* itu sebagai pelapis pada benda keramik. Penggunaan bahan *timbel* sebagai bahan *glasir* utama yang memungkinkan hasilnya lebih baik, termasuk jenis

glasir suhu rendah. **Babylonia** mungkin adalah tempat asal *glasir* ini, walaupun pada ± tahun **500 S. M** di **China**-pun telah diketahui penggunaan *timbel* itu.

3) ***Glasir Abu (ash- glaze);***

Penggunaan tungku yang lebih sempurna di negeri **China** memungkinkan tercapainya suhu pembakaran yang lebih tinggi sampai 1200°C. Besar sekali kemungkinannya bahwa abu dari kayu yang dibakar tertiuip angin masuk ke dalam tungku dan melekat pada benda – benda yang dibakar serta terbakar pada suhu tinggi lalu meleleh menjadi *glasir*. Hal yang terjadi secara kebetulan ini kemudian dipergunakan, sehingga menghasilkan *glasir abu*, yang cukup baik dengan penambahan bahan – bahan lain yang memungkinkan pelelehan pada suhu rendah.

4) ***Glasir Tanah (slip- glaze)***

Suhu pembakaran tinggi memungkinkan penggunaan beberapa macam tanah sebagai bahan *glasir*. Dalam hal ini *glasir* dibuat seluruhnya dari tanah liat yang dalam pembakaran suhu tinggi meleleh seperti *glasir*, biasanya tanah liat merah atau coklat yang biasa dipergunakan untuk *aardewerk* (*gerabah*).

Tanah semacam itu titik lelehnya agak rendah, karena mengandung *oksida besi* dan macam – macam kotoran mineral lain, sehingga pada suhu 1250°C sudah meleleh. Benda – benda keramik kuno dari negeri **China** banyak yang mempergunakan *glasir* tanah semacam itu yang berwarna coklat. Untuk menurunkan titik leleh tanah itu sering kali dipergunakan campuran sebagai bahan peleleh seperti misalnya *Veldspat*.

5) ***Glasir Veldspat (feldspathicn-glaze);***

Suatu macam *glasir* lain yang sangat sederhana adalah *glasir* yang dibuat sebagian besar terdiri dari *veldspat*. Bahan *veldspat* secara tersendiri akan meleleh pada suhu 1250°C, sehingga dapat menghasilkan *glasir* yang keputih – putihan. Untuk menurunkan suhunya, dicampur dengan *kalkspaat* (batu kapur) memberikan hasil yang baik sekali, dan kemudian terbukti bahwa banyak *glasir* yang baik sekali hanya atas tiga macam bahan : ***veldspat***, ***kalkspat*** dan pasir ***kwarsa***. Juga penggunaan yang terbanyak dari *glasir veldspat* itu adalah di negeri **China**, yang selama beberapa ribu tahun dapat dikatakan memegang monopoli dalam pembuatan keramik yang indah. Juga disebabkan karena penguasaan pembakaran suhu tinggi.

6) *Glasir Garam (salt-glaze)*;

Pengglasiran dengan garam dapur adalah salah satu cara mengglasir lain yang sederhana juga. Disini tidak diperlukan bahan – bahan lain untuk campuran *glasir*. Garam dapur atau Na Cl didalam pembakaran akan menguap dan uap – uap itu yang melekat pada benda – benda keramik yang dibakar akan melapisinya dengan lapisan yang berupa *glasir*.

Pengglasiran dengan garam harus dilakukan dalam tungku yang khusus, karena uap – uap garam yang menjadi *glasir* itu selain daripada mengglasir benda keramik dalam tungku, juga melapisi dinding tungku sehingga seluruh tungku itu terglasir.

Dari contoh – contoh di atas terlihat bahwa pembuatan glasir itu dapat dilakukan dengan sederhana sekali, tanpa memerlukan pengetahuan khusus mengenai bahan – bahan kimia. Cara – cara mengglasir yang diperoleh dari pengalaman yang berpuluh – puluh tahun biasanya merupakan ‘rahasia’ yang hanya diturunkan dari ayah ke anak. Kini dengan menguasai ilmu pengetahuan, bahan – bahan dan ilmu kimia, macam – macam proses pembuatan *glasir* dapat

dilakukan dengan agak cepat. Macam – macam hasil juga dapat dicapai, sehingga pengetahuan itu bagi seorang seniman keramik (ahli keramik) akan sangat berguna dan membuka kemungkinan – kemungkinan yang luas dalam kreasinya.

3.2.5 Oksida dan Peranannya dalam Glasir

Di dalam mempelajari pembuatan *glasir*, pertama – tama harus membedakan dua hal : Pertama, bahan – bahan baku (*Raw Materials*) yang akan dipergunakan dalam campuran untuk membuat *glasir*; Ke dua, *glasir* yang telah jadi yaitu sebagai hasil pelelehan dari bahan – bahan baku yang telah bercampur tadi. Pada hakekatnya didalam memandang suatu *glasir* titik tolak adalah apa yang disebut dalam poin dua di atas, yaitu *glasir* yang telah jadi. Setelah mengalami pemanasan, penguapan dan pelelehan, sehingga menjadi *glasir*, maka bahan itu akan terdiri atas bermacam – macam unsur berupa *oksida – oksida*.

Hubungan antara *oksida – oksida* yang bermacam – macam ini dan jumlah dari *oksida – oksida* itu secara relatif serta reaksi satu sama lain bahan-bahan tersebut di dalam proses penguapan dan pelelehan, adalah merupakan hal – hal yang perlu diketahui. Bahan baku yang dipergunakan untuk pembuatan *glasir*, misalnya tidak selalu terdiri atas ***oksida – oksida***, melainkan juga terdiri atas ***carbonat – carbonat*** seperti Ca CO₃.

Didalam pembakaran *carbonat – carbonat* itu akan berubah dan hasil terakhir dalam *glasir* adalah *oksida – oksida* seperti Ca CO₃ akan menjadi Ca O. berhubung dengan itu perlu dikenal lebih jauh bermacam-macam *oksida* dan karakteristiknya.

3.2.6 Fungsi dan Peranan *Oksida* dalam *Glasir*

Tiap – tiap *oksida* yang tersebut diatas di dalam *glasir effect* dan peranannya tidak sama, seperti misalnya Na₂O dan K₂O. Dari *oksida – oksida* itu hanya satu *oksida* yang mutlak harus ada dalam *glasir* yaitu *silika*. Kita telah ketahui bahwa *silika* saja jika dipanaskan cukup tinggi akan meleleh menjadi gelas. *Oksida – oksida* lainnya dapat dipandang sebagai **modifiers** ialah sebagai bahan – bahan ‘pengubah’, yaitu yang mengubah dan memberikan sifat – sifat yang berlainan terhadap gelas itu menjadi *glasir*, sedangkan *oksida silika* adalah yang disebut **glass former** atau pembentuk gelas.

Perlu diperhatikan bahwa *oksida-oksida* dalam daftar di atas dibagi menjadi 3 golongan oksida-oksida . Dalam golongan pertama berfungsi didalam *glasir* sebagai *flux* atau peleleh, yaitu yang menyebabkan *silika* meleleh lebih cepat pada suhu yang lebih rendah, walaupun titik leleh masing-masing *oksida flux* tidak selalu sama.

Oksida alumina dalam golongan kedua peranannya sebagai **stiffener**, atau yang membuat lelehan itu lebih kaku, lebih liat dan tidak terlalu cair. Hal ini telah dibahas dalam perbedaan antara *glasir* dan gelas, selain daripada menghindarkan *glasir* itu meleleh turun dari benda yang diglasir. **Alumina** juga menghindarkan pembentukan *kristal* dalam *glasir* waktu menjadi dingin. Dengan demikian *alumina* adalah *oksida* yang juga selalu diikuti sertakan dalam campuran *glasir*.

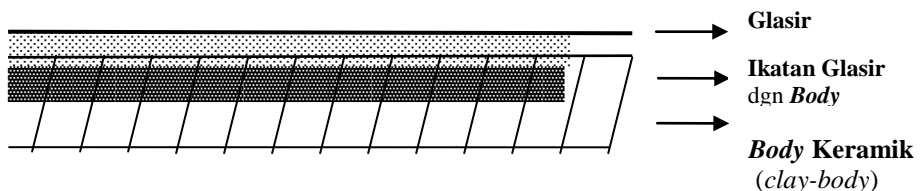
3.2.7 Pelelehan *Glasir* dalam Oven

Bahan – bahan baku untuk *glasir* sebelum dicampur harus sudah ditumbuk atau digiling halus sekali agar supaya didalam campuran itu butir – butirnya terbagi merata dan berdampingan merata satu macam dengan yang lainnya, juga pada lapisan *glasir* yang masih mentah, yang meliputi atau melapisi benda yang diglasir. Pada waktu benda – benda yang

telah diglasir atau dilapisi itu terbakar (dibakar) terlihat perubahan – perubahan pada *glasir* itu mulai terjadi setelah warna api dalam *oven* menjadi merah dan seterusnya. Bahan – bahan yang menguap akan terbakar seperti bahan – bahan *carbon* dan *sulfur*, sehingga yang tinggal hanya bahan – bahan yang berupa *oksida* saja. Jika suhu naik lebih tinggi *oksida* – *oksida* ini akan mulai mengadakan reaksi satu sama lain, akan mulai bercampur dan meleleh. Mula – mula antara dua macam bahan, kemudian disusul dengan yang lain dan seterusnya sehingga seluruh campuran itu sudah meleleh semua. Akhirnya dalam keadaan lelehan, identitas dari butir – butir bermacam – macam bahan tadi akan hilang dan akan menjadi lelehan yang *uniform*..

Setelah suhu dalam *oven* turun kembali, *glasir* itu akan mendingin, membeku dan menjadi gelas. Gelas, atau lebih tepat dari *glasir* ini sebenarnya merupakan suatu campuran yang complex, terdiri atas macam – macam *oksida*, dan tidak merupakan suatu kesatuan kimiawi yang tertentu.

Jika *glasir* telah meleleh pada *clay – body*, antara *glasir* dan *body* itu terjadi suatu reaksi, lebih – lebih lagi pada pembakaran suhu tinggi. Sebabnya adalah karena dalam *clay – body* itu, pada suhu pematatannya yang mendekati suhu pelelehannya, yang disebut ***fitrification***, terbentuk juga gelas. Lapisan *glasir* yang meleleh juga akan memakan permukaan *clay – body*, seakan akan melarutkannya. Dengan demikian terjadi ikatan yang erat sekali anatara lapisan *glasir* dengan *clay–body*, sehingga tidak akan mudah lepas lagi.



Terutama pada keramik suhu tinggi seperti *porcelain*, batas antara *glasir* dengan *body* itu kadang – kadang hampir tidak kelihatan lagi. Karena *body porcelain* dalam pembakaran suhu tinggi sudah mengglasir (*fritified*) padat, menjadi satu dengan *glasir*. Karena hal tersebut di atas seringkali mengalami kesukaran untuk mengglasir *clay – body* yang masih mentah (belum di *biscuit*).

3.2.8 Oksida-Oksida

Oksida-oksida yang terpenting dalam pembentukan *glasir* di antaranya adalah sebagai berikut :

1). *Silika (silica, silicon Oksida) SiO₂*

Silika adalah *oksida* dasar untuk pembuatan gelas, berupa padatan seperti pasir *kwarsa* yang berwarna putih atau tanpa warna dengan titik lebur 1710°C. Bila dipergunakan sebagai bahan baku harus dihaluskan terlebih dahulu. *Silika* adalah komponen praktis pada setiap *glasir* atau merupakan bahan baku atau *oksida* utama untuk pembuatan *glasir* yang biasanya bersumber dari *kwarsa (flint)* atau dari bahan *felspat*. Pada umumnya suatu *glasir* keramik dibuat sebagian besar atas *silika* ini yang tidak larut dalam air dengan secara kimiawi tidak mudah bereaksi dan diperlukan bahan – bahan *oksida* lainnya untuk mempermudah reaksi dalam pembakaran dengan maksud untuk :

- a. Mengubah atau menurunkan suhu pembakarannya, yaitu *oksida – oksida* yang disebut *flux* atau peleleh.
- b. Untuk memberikan sifat – sifat yang khusus kepada *glasir* itu, misalnya : membuat *glasir* lebih *alkalis*, sehingga macamnya dan reaksinya pada pewarna akan khusus sekali.

- c. Untuk membuat *glasir* itu menutup (*opaque, dekkend*) tidak transparan, sehingga perbandingan umum misalnya dilihat bahwa :
- *Glasir* suhu rendah yang dibakar pada suhu 1050°C dan matang pada suhu 1150°C atau dibawahnya, biasanya mengandung terdiri atas ± 2 bagian *silika* dan ± 1 bagian kombinasi bahan-bahan lainnya.
 - *Glasir* suhu tinggi yang dibakar $\pm 1250^\circ\text{C}$ atau matang di atasnya, biasanya mengandung terdiri dari atas ± 3 bagian sampai 4 bagian *silika* dan ± 1 bagian kombinasi bahan-bahan lainnya.

Dari perbandingan umum tersebut, jelas kiranya semakin tinggi suhu baker *glasir* maka semakin banyak *glasir* itu mengandung *silika*. Pada suhu tinggi *glasir* semakin keras dan lebih tahan terhadap goresan daripada *glasir* suhu rendah. *Silika* merupakan *oksida* yang tidak rewel dalam pembakaran *glasir*, kecuali tidak matang bila terlalu banyak *silika* dalam *glasir* atau tidak meleleh pada suhu yang ditentukan. Kebanyakan *silika* di dalam *glasir* juga menyebabkan **defitrifikasi** atau pembentukan *kristal* pada *glasir* saat menjadi dingin.

Silika adalah *oksida* yang keras, awet dan tidak mudah larut atau dimakan oleh bahan-bahan kimia lainnya. Sifat-sifat tersebut dari *silika* dibutuhkan dalam *glasir* keramik, sebagai pedoman umum untuk mempergunakan bahan ini secukup mungkin, karena sekitar 60 % dari permukaan Bumi terdiri dari *silika*. Berbagai macam *glasir* dibuat dengan bahan *silika* yang dicampur bahan lain untuk menurunkan suhu bakar dan mencapai permukaan *glasir* khusus seperti buram, transparan atau menutup dan sebagainya.

2) Alumina, Aluminium Oksida (Al₂O₃)

Alumina merupakan oksida ke dua yang penting dalam *glasir*, walaupun kehadirannya dalam *glasir* hanya kecil saja. Fungsi *alumina* adalah menghindari *glasir* meleleh atau turun dari benda yang vertikal dan membuat lelehan *glasir* lebih kaku, lebih liat (lebih *viscous*) saat cair didalam tungku pembakaran sehingga kehadirannya sangat diperlukan. *Alumina* adalah bahan yang *refractory*, artinya bahan yang tahan panas tinggi dengan titik lebur 2040°C dan sukar meleleh. Karena itulah *alumina* tidak dipergunakan dalam jumlah besar di dalam *glasir*. Terlalu banyak *alumina* akan menyebabkan *glasir* itu, tidak matang (*underfired*), kering, tidak mengkilap, permukaan kasar, namun *glasir* lebih kuat, keras dan tahan akan tekanan (awet). Penggunaan *alumina* dalam jumlah tertentu menghasilkan permukaan *glasir* yang menarik agak buram seperti saten (*matt*), tidak transparan, tidak kering (seperti mentah) dan *glasir* tersebut dinamakan “***Glasir Alumina Match***”. Selain itu, *alumina* berfungsi untuk mengurangi pemuaiian dan menghindari pembentukan *kristal-kristal* waktu *glasir* menjadi dingin. Tanpa *alumina* *glasir* akan kasar permukaannya karena timbulnya *kristal-kristal* yang disebut *defitrifikasi*. Namun demikian ada pula seniman (keramikus) yang sengaja membuat *glasir* tanpa *alumina* yaitu untuk memperoleh *glasir* berkristal. Umumnya untuk *glasir* perbandingan *alumina* dengan *silika* adalah 1 (*alumina*) : 6 (*silika*) atau 1 : 4. *Alumina* (Al₂O₃) diperoleh dari sumber *feldspat*, tanah (*kaolin*) dan batuan lainnya.

3) Lead Oxide, Plumbum Oksida (PbO)

Apa itu Timbel (Pb)?

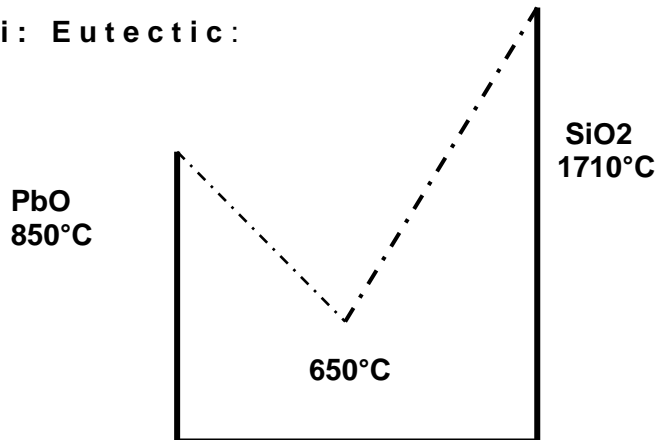
- Logam yang terdapat pada kulit Bumi.
- Bentuknya tebal, berat, stabil dan tahan *korosi*.
- Dapat digunakan untuk mengisolasi radiasi.

- Karena sifatnya yang mudah dibentuk maka timbel digunakan semenjak zaman romawi untuk pemipaan, peralatan makan, mata uang, keramik dan lain lain.



PbO atau *plumbum oksida* adalah salah satu bahan pelebur (*flux*) yang aktif dan populer dipakai dalam pembuatan *glasir* suhu rendah (*glasir timbel*) dan suhu sedang. PbO dan SiO₂ (*silika*) dalam proses pembakaran mudah sekali bergabung, bahkan PbO dapat menurunkan titik leleh *silika* secara drastis sampai suhu yang jauh lebih rendah dari titik leleh SiO₂ secara mandiri (lihat diagram berikut: teori *Eutectic*).

Teori : Eutectic :



Di dalam prakteknya PbO dan SiO₂ sering dibuat untuk *glasir* sederhana karena kedua *oksida* itu mudah meleleh pada

suhu yang relatif rendah. Di samping itu penggunaan PbO menghasilkan *glasir* yang rata, mengkilat, luter dan menutup badan benda dengan baik. *Glasir timbel* ini tidak banyak menyulitkan dan sangat mudah pemakaiannya. Sebagai *flux*, PbO akan menghasilkan permukaan transparan dan juga dengan mudah untuk diubah menjadi *glasir* menutup yakni dengan membubuhkan *fin oxide* sebanyak 10 – 15 %. Secara umum pemakaian *timbel* dalam perbandingan tertentu sifat-sifatnya pada *glasir* adalah sebagai berikut:

- Bahan pelebur aktif
- Menambah kilap
- Mengurangi daya muai, dibandingkan dengan bahan-bahan *alkali*
- Mengurangi kekerasan
- Mengurangi *viscositas* (kekentalan bahan)
- Menambah elastisitas (daya lentur)

Hal-hal yang menguntungkan dan baik dalam penggunaan PbO adalah:

- a. Titik leleh PbO rendah
- b. Efek pada semua *oksida* pewarna *glasir* baik
- c. Menghasilkan *glasir* yang halus dan mulus, rata dan mengkilat
- d. Membuat *glasir* mudah melekat pada *clay body* tanpa banyak *crazing* (pecah-pecah atau retak-retak)
- e. *Glasir* PbO mudah dibuat cerah, transparan, mengkilat, *dekkend* (menutup), *matt*, bertekstur, semuanya tergantung dari campuran bahan lainnya dalam komposisi *glasir*
- f. Pelelehannya yang merata dan tidak serentak
- g. Lapisan *glasir* menjadi lebih elastis

- h. Jangka suhu pembakaran (*firing-range*) dari PbO panjang sekali sehingga tidak membahayakan (merusak) *glasir* di dalam pembakaran yang akan *overfired* atau *underfired*
- i. PbO dalam *glasir* menghindarkan *defitrifikasi* atau peralihan ke struktur *kristal*.

Ke dalam komposisi *glasir* PbO disarankan supaya dimasukkan juga CaO dan diusahakan supaya ada keseimbangan antara PbO dengan SiO₂ dalam perbandingan sekurang-kurangnya 1 molekul PbO pada setiap 2 molekul SiO₂.

Sifat-sifat yang kurang baik dari PbO adalah:

- a. *Glasir* PbO harus dibakar dalam atmosfer *oksidasi* dan bebas dari uap. *Glasir* ini harus selalu dibakar dalam tungku yang banyak oksigennya, karena bila udara dalam tungku berubah menjadi udara *reduksi* (kurang oksigen/udara), maka PbO akan menghasilkan *glasir* yang permukaannya hitam seperti logam timah. PbO memang mudah di *reduksi* seperti *glasir* yang langsung terjilat api secara langsung atau terkena asap.
- b. Selain itu PbO tidak dipergunakan dalam *glasir* suhu tinggi, karena di atas suhu 1200°C akan terbakar (menguap), sehingga jarang dipergunakan di atas *cone (pancang krucut)* no. 6.
- c. *Glasir* yang tidak di *frit* (lihat keterangan *frit*) akan dengan mudah dipengaruhi udara *reduksi* (lihat: a) dengan hasil warna kehitam-hitaman atau bintik-bintik atau butir-butir logam hitam.
- d. Lebih tinggi kadar *timbel* dalam *glasir* akan bertambah lunak pula *glasimya* atau kekuatan *glasir* berkurang,

serta warnanya menjadi kekuning-kuningan atau buram.

- e. Selanjutnya PbO itu adalah bahan **beracun**, sehingga dalam penggunaannya harus ekstra hati-hati jangan sampai terhisap, masuk ke mulut, atau terkena mata dan luka. Tempat mengglasir harus selalu dibersihkan dari sisa-sisa PbO yang tertinggal. Polusi udara dan pembuangan air yang baik diperlukan. *Glasis* yang mengandung PbO gampang larut dalam *asam* dan larutan itu beracun, sehingga pada benda-benda pakai seperti piring, gelas, cangkir, tempat makanan dan minuman sebaiknya penggunaannya dihindari atau diminimalkan, karena membahayakan, terutama *glasis* PbO yang masih mentah. Untuk menghindari sifat *beracun* dan mudah larut maka PbO dipergunakan dalam *glasis* dengan di **frit** lebih dahulu. Selain menghilangkan secara total bahan beracun dengan di *frit*, dapat pula *glasis* PbO yang dihasilkan ini lebih baik mutunya.

Keterangan frit : yaitu bahan yang dibakar, dilelehkan, dilebur dan didinginkan serta dihancurkan atau dihaluskan. PbO terlebih dahulu dengan beberapa bahan *glasis* seperti *silika* lainnya dibakar dan lelehannya itu dituangkan ke dalam air dingin sehingga membeku dan bahannya menjadi rapuh, kemudian digiling hingga halus. Campuran yang telah melalui proses itu disebut di "*frit*". Dan hasil dari *frit* PbO tersebut tidak lagi beracun. Bahan yang biasanya di *frit* adalah: timah hitam, *zink*, *barium*, *boraks* dllnya. Alasan selain membuat aman bahan beracun dalam memakai *frit* adalah membuat zat padat agar tidak larut, misalnya *borax oksida* (*boraks*) yang merupakan *fluks* yang penting tetapi tidak bagus dipergunakan sendiri di dalam *glasis* karena dapat larut dalam air dan air akan masuk ke dalam *body* membentuk *kristal* di atas *body*.

Juga membuat bahan murni, yaitu apabila campuran yang mengandung bahan resep *frit* tersebut melebur, maka bahan *karbon* dan *sulfur* akan keluar apabila dibakar pada suhu yang cukup tinggi.

Glafir PbO cukup membahayakan bagi para pekerja / buruh / perajin keramik. Justru karena membahayakan itulah beberapa Negara membuat persyaratan (peraturan) untuk perlengkapan alat makan dan minum. Misalnya :

Inggris & Jerman: *Glafir timbel* bila direbus $\frac{1}{2}$ jam terdapat 4% *timbel* yang larut, maka tidak boleh dipakai untuk alat makan dan minum.

Belanda (dalam Undang-undang): *Glafir timbel* $\frac{1}{2}$ jam direbus, jumlah *timbel* dalam larutan tidak boleh lebih dari 10 mg dalam tiap-tiap satu liternya.

Indonesia : lihat dalam SII (Standar Industri Indonesia)

Untuk mencegah bahaya keracunan, ada usaha membuat campuran *silikat-timbel*. Campuran *silika-timbel* ini dilebur atau *difrit* untuk dijadikan butiran-butiran, kemudian dicampur dengan bahan-bahan lain dan digiling untuk dijadikan bahan *glafir*, sehingga bahan *timbel* ini tidak membahayakan lagi. Penyelidikan campuran *silikat* yang tak larut dalam cuka 4% adalah:

- Persenyawaan *orto* dan *mono silikat* (2 PbO. SiO₂. dan PbO. SiO₂) masih terdapat *timbel* yang larut.
- Begitu pula persenyawaan *di-silikat timbel* (PbO.2 SiO₂) masih ada *timbel* yang larut. Tetapi terbukti dengan jelas bahwa *kwarsa* menghambat daya larut *timbel*.
- Untuk membuat campuran yang tidak larut adalah dengan persenyawaan *tri-silikat* (PbO.3SiO₂), tidak

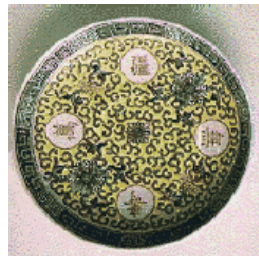
dianggap menguntungkan karena *glasirnya* terlampau kental.

- Penyelidik **Cremer**: *Frit* dengan rumus $\text{PbO} \cdot 0,25 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$ memenuhi syarat yang ditetapkan
- Lalu **Harkert**: Daya larut *timbel* cukup rendah dengan campuran sebagai berikut: $\text{PbO} \cdot 0,07 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1,87 \text{SiO}_2$ dan $\text{PbO} \cdot 0,254 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1,91 \text{SiO}_2$
Atau
 $65\% \text{PbO} \text{ --- } 2\% \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ --- } 33\% \text{SiO}_2$ dan
 $61,4\% \text{PbO} \text{ --- } 7,1\% \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ --- } 31,5\% \text{SiO}_2$
- Penambahan Al_2O_3 lebih menguntungkan dari penambahan *kwarsa*, karena mengurangi daya larut juga tidak banyak mempengaruhi *viscositas* dan titik lebur. SiO_2 dan Al_2O_3 mengurangi daya larut. Sebaliknya daya larut bertambah dengan meningkatnya jumlah *alkali*, terutama *asam barium* dalam *glasir* atau *frit*. Seng, *barium*, *calcium*, *titan* dan *zircon* mengurangi daya larut. Untuk memperoleh hasil yang baik dari *glasir timbel* yang mengandung *alkali* dan *asam barium*, biasanya dibuat dua *frit*, satu *frit* mengandung seluruh *alkali asam barium* dan satu *frit* lagi mengandung seluruh *timbelnya*.
- Penyelidik dari **Jerman** yaitu **Pakall**: kecuali tergantung pada *frit*, untuk menghasilkan yang terbaik dengan syarat :
 - Konstruksi tungku baik (hisapan baik)
 - Waktu pembakaran cukup lama
 - Menghindarkan *glasir* dengan *viscosited* yang tinggi
 - *Glasir* yang menempel tidak tebal
 - Hisapan yang kuat (cepat)
 - Pendinginan lambat
 - Barang-barang dibakar dalam kapsul.

Bahan-bahan *timbel* yang sering dipergunakan di Indonesia:

- > *Glit - timbel* (PbO)
- > *Meni - timbel* (Pb_3O_4)
- > *Putih - timbel* ($2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$)
- > *Peroksida - timbel* (PbO_2)
- > *Sulfida - timbel / galena* (PbS)

Bahan yang banyak dipakai dan murah harganya (di Plered & Tasikmalaya) yaitu *galena* dan *glit -timbel*. Bahan tersebut cukup menguntungkan karena tidak larut dalam *asam* perut. Untuk menghindari kesukaran-kesukaran dalam pembakaran benda berglasir *timbel*, harus dibakar dalam tungku dengan hisapan yang baik sehingga SO_2 dapat cepat tersalur keluar. Untuk gerabah sering dipergunakan *glit-timbel* dan *meni-timbel*. *Meni-timbel* lebih disukai karena mengandung banyak zat asam dan juga mengurangi *reduksi*. Bahan *putih-timbel* banyak dipakai untuk glasir yang tidak *difrit*, karena bahan ini lebih halus daripada yang lain, namun daya larut dalam air lebih besar sehingga bahaya keracunan juga lebih besar.



Beberapa Benda Keramik Berbahan *Timbel*

Catatan : *Litharge* (PbO), yang digunakan dalam deodorant obat-obatan tradisional. Pada tahun 2003, departement kesehatan Amerika Serikat Menemukan kasus pencemaran *timbel* yang terjadi karena penggunaan

'*lithargio*' atau *litharge*, 99.0% bubuk *lead oxide* digunakan pada anti perspirant / deodorant dan obat-obat tradisional. Pada batere, *timbel* digunakan sebagai komponen yang yang dapat menghasilkan energi listrik. Pada cat, khususnya yang berwarna terang, *timbel* digunakan sebagai pigment pemberi warna.

4) **Sodium Oxide (Na₂O)**

Oksida sodium disebut juga *oksida natrium*, merupakan *flux* yang sangat aktif, Na₂O dapat dipergunakan dalam *glasir* suhu rendah maupun suhu tinggi. Sifat yang kurang baik dari soda ialah membuat permukaan *glasir* retak-retak yang disebut "**crazing**" yang disebabkan oleh **Coefficient of Expansion** (*koefisien* pemuaian) yang tinggi dari soda. *Glasir* yang terlalu banyak *soda* permukaannya lebih lunak, mudah tergores, kurang tahan terhadap benturan dan juga mudah larut dalam *asam* serta tidak tahan selama waktu berabad-abad. Sumber-sumber *sodium oxide* untuk bahan baku *glasir* kebanyakan larut dalam air dan satu-satunya bahan baku yang tidak larut dalam air adalah *feldspat*. Bahan yang mengandung *sodium oxide* secara alamiah sangat langka, pada umumnya bahan yang mengandung *soda* sudah larut dalam air dan berakibat kurang baik untuk *glasir*. *Glasir* yang mengandung *sodium oxide* biasanya menghasilkan warna – warna yang cerah, contohnya ialah warna **Turquies Blue**, yang banyak memakai *sodium oxide* dari *Copper Oxide* (*oksida tembaga*).

5) **Potassium Oxide, Feldspat (K₂O dan Na₂O)**

K₂O fungsinya sama dengan Na₂O, baik sebagai *flux* (peleleh / pelebur) maupun reaksinya terhadap pewarna *glasir*. K₂O dan Na₂O seringkali disebut sebagai *oksida alkalin*, karena persamaannya yang banyak kadang – kadang ditulis secara bergabung dengan KNaO yang berarti (maksudnya) campuran K₂O dan Na₂O. *Potassium oxide* memberikan retak – retak atau *crazing* pada *glasir* seperti *soda*, karena *koefisien* pemuaiannya sama tinggi, seperti *soda* bahan yang

mengandung *potassium* dalam bentuk yang tidak larut dalam air sangat langka. Bahan yang disebut *feldspat* (*veldspaat*) atau K_2O Na_2O , kedua *oksida* ini banyak dipakai sebagai bahan pelebur keramik putih. Yang lebih umum K_2O yang dimasukkan dalam bentuk *feldspat*. K_2O dari *potassium* (*potas*) menghasilkan *glasir* yang mengkilap dari *soda* (Na_2O).

6) *Calcium Oxide* (CaO)

Oksida kalsium sebetulnya mempunyai titik leleh yang sangat tinggi ($2570^\circ C$), sehingga dapat dianggap sebagai bahan *refractory*, akan tetapi fungsi utamanya dalam *glasir* adalah sebagai *flux* (pelebur). CaO adalah bahan yang sangat murah dan mudah diperoleh, tetapi dalam *glasir* peranannya sangat baik dengan memberikan sifat-sifat yang menguntungkan, sehingga hampir semua jenis *glasir* mengandung *oksida* ini dalam jumlah besar atau kecil.

Dalam *glasir* suhu tinggi, CaO dapat dipergunakan sebagai *flux* dalam jumlah yang cukup besar. Dalam *glasir* suhu rendah CaO harus dipergunakan dalam jumlah kecil dan dalam kombinasi dengan *flux* yang lain yang aktif, seperti misalnya PbO , K_2O dan Na_2O . *Oksida kalsium* dapat memberikan kekuatan kepada lapisan *glasir* dan membuat lapisan itu lebih tahan terhadap goresan, khususnya pada *glasir* kandungan PbO yang lunak dapat ditingkatkan kekuatannya dengan mengikutkan CaO kedalam komposisi *glasir*. CaO tidak menyulitkan dalam *glasir* dan juga tidak mempengaruhi pewarna-pewarna *glasir* secara khusus. Akan tetapi apabila dipergunakan dalam jumlah besar, *glasir* itu akan seperti mentah, buram, kusam, kasar dan tidak menarik. Hal ini disebabkan oleh CaO yang sifatnya *refractory* dan juga karena terjadinya *defitrifikasi kalsium silikat* dalam lelehan *glasir*. Karena itu pulalah CaO dapat dipergunakan untuk membuat *glasir* yang tidak terlalu mengkilap permukaannya, bahkan *glasir* PbO yang sangat mengkilatpun dapat dibuat lebih buram

dengan menambahkan CaO kedalam komposisi *glasir* yang bersangkutan.

Dalam pembuatan *glasir* suhu di atas 950°C, CaO hampir selalu diperlukan terutama untuk *glasir* porselin. Kapur (*oksida kalsium*) ini tidak untuk menambah kilap pada *glasir*, pada umumnya *glasir* yang menggunakan *kalsium* akan kental dibanding dengan yang menggunakan *alkali* biasa. Titik lebur *glasir* akan lebih tinggi daripada yang menggunakan *alkali*. Sebagai bahan *carbonat calcium* yang sudah halus mempunyai sifat menambah daya *suspensi* dan dapat menghambat pengendapan bahan lain dalam campuran *glasir* (cairan). Hasil penelitian **Balai Besar Keramik Bandung (BBK)**, menyatakan apabila *glasir* sangat cair dibakar pada benda (*body*) yang mengandung kapur, maka sebagian kapur badan melarut dalam *glasir*, sehingga susunan terakhir (komposisi) berubah karenanya dan menyebabkan permukaan tidak merata atau melebar atau berkelompok.

Bahan-bahan sumber *kalsium* adalah: *carbonat calcium* yang banyak ditemukan sebagai *calsit*, *kalkspat*, pualam, *phospat*, *kalsium* ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) yang ditemukan sebagai pelikan *apatit* atau diperoleh dari sisa pembakaran tulang *phospat calcium* dapat membentuk *glasir* keruh.

Sifat-sifat baiknya adalah sebagai berikut:

- a. Murah dan menambah kekerasan *glasir*.
- b. Menambah kekuatan terhadap pengaruh alam dan mengurangi daya larut dalam air serta *asam-asam anorganik* cair. Dan penting sekali untuk *glasir timbel*.
- c. Dibandingkan dengan *oksida alkali*, dapat mengurangi daya muai.
- d. Dapat dipakai membuat *glasir* kusam. Apabila kadar Ca melebihi batas tertentu, titik lebur *glasir* bertambah disertai dengan pembentukan nablur-nablur *mikro* dari *anortit* ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$). Sifat ini diwaktu membuat *glasir kusam* atau *matt* (tidak mengkilat)

dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya dari *oksida kalsium* dan merupakan bahan terpenting untuk *glasir* di atas 960°C, tetapi untuk *glasir* di bawah suhu tersebut tidak baik, karena meninggikan titik lebur.

7) **Barium Oxide (BaO)**

Peranan BaO dalam *glasir* hampir sama dengan CaO. *Oksida Barium* juga merupakan bahan yang *refractory* dan dalam *glasir* suhu rendah harus dipergunakan dalam jumlah yang lebih kecil daripada CaO. Dalam suhu pembakaran tinggi BaO berperan sebagai *flux*, walaupun tidak sangat aktif. Dan pada umumnya BaO sangat berguna dalam pembuatan *glasir matt* dan menambah kekuatan mekanis. *Barium oxide* selain dipakai untuk campuran *glasir* sering juga dipakai untuk campuran gelas. Pada *glasir barium oxide* dapat memberikan kilap yang baik, tetapi bila dibandingkan dengan *timbel*, *barium* ini agak kurang bagus. Kebaikan *barium* pada campuran *glasir* ialah tahan terhadap pengaruh *reduksi* dalam pembakaran. Diwaktu dalam pembakaran bahan yang menguap sedikit sekali, sehingga *barium* dapat dipakai sebagai *timbel* dan *alkali* yang lain.

Dalam berbagai jenis *glasir*, BaO akan memberikan permukaan yang tidak mengkilat atau *dof* atau buran (*matt*) secara lembut dan halus yang menarik, akan tetapi bila BaO dipergunakan dalam jumlah yang terlalu besar hasilnya adalah *glasir* yang sangat kasar dan kering. Perlu diperhatikan, bahwa walaupun BaO pada umumnya menghasilkan *glasir matt*, jika didalam komposisi *glasir* terdapat *boric oxide* (B₂O₃) dalam jumlah besar *glasir* tidak akan *matt*, karena B₂O₃ merupakan *flux* yang sangat aktif. Dalam *glasir* suhu tinggi kehadiran BaO dapat menghasilkan efek warna-warna biru yang khusus dan sangat cemerlang dengan pewarna yang bersangkutan seperti *cobalt oxide*.

Sumber-sumber *barium* yaitu: **whitherit** (BaCO_3) , **zwarspat** (BaSO_4), **barium clorida** (BaCl), dll. Harap diingat bahan untuk campuran *glasir* adalah bahwa bahan yang mengandung *sulfat* agar dihindari mengingat bahaya dari *belerang* yang dapat menguap pada waktu pembakaran.

Catatan: *Barium* adalah jenis **racun**, terutama apabila menggunakan *garam-garam* yang mudah larut dalam air seperti *barium carbonat* (BaCO_3) dan *barium clorida* dan sebagainya.

8) **Magnesium Oxide (MgO)**

MgO adalah termasuk *flux* yang hanya dipergunakan dalam *glasir* suhu tinggi. Dalam *glasir* suhu rendah MgO terlalu **refractory**, sehingga perannya sebagai *flux* sama sekali tidak tampak. Kadang-kadang hanya menghasilkan permukaan yang *matt* dan menutup. Dalam suhu pembakaran tinggi MgO dapat memberi permukaan yang menarik, merata dan lembut seperti permukaan mentega (*margarine*)., terutama dalam pembakaran *reduksi* yang dapat mencapai hasil sangat bagus. *Glasir* yang menggunakan MgO hasilnya hampir sama dengan yang menggunakan *kalsium*. Sifat-sifat yang mirip lainnya adalah dapat meninggikan titik lebur, hanya pemakaiannya tidak sebanyak *kalsium* didalam *glasir* suhu tinggi, disamping sebagai bahan pelebur yang aktif. Dibandingkan dengan *basa* yang lain maka MgO juga mengurangi daya muai *glasir* dan dapat memberi pewarnaan yang baik terhadap *oksida* pewarna terutama untuk *glasir* penutup. Kebanyakan MgO dalam *glasir* akan menghasilkan permukaan yang kering dan ada kemungkinan timbulnya kerusakan permukaan *glasir*, seperti **crawling** dan **pinholing**. Juga dapat mempengaruhi *oksida* pewarna dalam pembakaran seperti *cobalt oxide* yang biasanya menghasilkan warna biru akan menjadi ungu (*purple*) dalam *glasir* yang mengandung MgO. Dalam suhu tinggi MgO

yang dibubuhi *cobalt oxide* bahkan menghasilkan warna *purple* yang berbintik-bintik.

Sumber-sumber bahan *magnesium* adalah: *Magnesium carbonat* (MgO_3), *dolomit* ($CaMg(CO_3)_2$), *steatite* dan *talk* yang mempunyai rumus pedoman $MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$. *Magnesium carbonat* $MgCO_3$ (*magnesite*), mineral ini ditemukan dalam 2 bentuk, yaitu sebagai *magnesite* dan dalam kombinasi dengan *calcium carbonat* dalam mineral *dolomite*. Bila digunakan dalam *glasir* bahan seperti *magnesite* ini akan terurai pada suhu sekitar $350^\circ C$ membentuk *magnesia* dan mengeluarkan *carbon dioxide*. *Magnesia* adalah mineral yang tahan api dan bertindak sebagai penutup sampai suhu $1170^\circ C$, setelah itu bahan ini akan menjadi *flux* yang aktif. Dalam pendinginan bahan ini akan mengkristal dan memberikan *glasir* menutup yang *mat*.

Dolomite ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) adalah *magnesium* dengan *carbonat* ganda. Dalam komposisinya dapat bervariasi. Batuan alamnya mengandung kotoran-kotoran seperti besi, *feldspat*, tanah liat, *mika* dan *kwarsa*, yang semuanya memberikan sederetan warna dari kemerahan, abu-abu, biru sampai warna gelap. Bila ditambahkan pada *glasir stoneware* dalam jumlah sedikit akan bertindak sebagai *flux*, tetapi bila ditambahkan antara 10 sampai 25 % baik *magnesia* maupun *calcium* dalam *dolomite* ini akan memberikan kualitas seperti sutera yang *mat*, tergantung dari suhu pembakaran. Bahan ini secara efektif digunakan dalam *glasir stoneware* dan dalam pembakaran *reduksi* bereaksi dengan mineral lainnya di dalam badan. Bahan ini memberikan warna dan tekstur yang menarik bila digunakan tebal dalam *glasir stoneware* yang *direduksi*.

9) **Zinc Oxide (ZnO)**

Pada bermacam – macam *glasir*, ZnO dipakai sebagai bahan pelebur dan untuk menjaga retak – retak. ZnO juga menambah putihnya *glasir opaque* (*glasir* menutup) bila dipakai

bersama *alumina*. Apabila kandungan ZnO dinaikkan, *glasir* menjadi *matt* dan apabila terlalu kenyang (banyak) ZnO *glasir*nya akan timbul *kristal – kristal*. Pendinginan yang cepat dari *glasir* ini menyebabkan pembekuan *kristal* ZnO dalam *glasir*nya. Dengan cara ini pula ada yang sengaja untuk membuat *glasir* yang *berkristal*. *Oksida* ini juga yang dapat menambah daya terhadap pewarna serta menambah *elastisitet* *glasir*. Bila dibandingkan dengan bahan biasa lainnya kecuali *calcium* dan *magnesium*, daya *elastisitas* ZnO adalah yang paling tinggi. Biasanya sifat *okside* ZnO mudah dipengaruhi oleh sifat dan kadar bahan lain. Bila ZnO terlalu banyak dapat meninggikan titik lebur dan kekentalan *glasir*, tetapi tidak berpengaruh terhadap mengkilapnya *glasir*.

ZnO merupakan salah satu *flux* yang berguna bagi suhu pembakaran menengah dan tinggi. Dipergunakan dalam jumlah kecil ZnO sebagai *flux* yang aktif. Akan tetapi jika dipergunakan dalam jumlah yang besar ZnO akan menghasilkan *glasir* yang *matt* dan kering. Karena sifatnya yang *refractory* ini maka ZnO jarang dipergunakan untuk *glasir* suhu rendah, kecuali untuk menghasilkan sejenis *glasir matt* yang disebut “**Glaser Zinc Matt**”. Walaupun ZnO bukanlah sebagai *flux* yang aktif, bahan ini pernah dipergunakan sebagai pengganti PbO dalam *glasir*. Di Inggris pernah dikembangkan sejenis *glasir* yang diberi nama “**Bristol Glaze**” yang mengandung ZnO sebagai pengganti PbO yang beracun. Dalam *type glasir Bristol Glaze* ini ZnO merupakan *flux* utama bersama CaO, MgO dan PbO. Seringkali ZnO dibubuhkan dalam *glasir* suhu rendah sebagai *flux* tambahan dalam jumlah yang sangat kecil sekali dan dalam *glasir* yang mengandung PbO, KNaO (K₂O dan NaO) atau B₂O₃ sebagai *flux* utama, dengan tujuan untuk membantu pelelehan *glasir* yang merata dan halus. Perlu diperhatikan bahwa *glasir* yang mengandalkan ZnO sebagai *flux* utama akan lebih besar kemungkinannya rusak seperti : **crawling** (mengkerut, berkumpul, berpisah),

pitting dan **pinholing**, bahkan warna yang dicapai juga mungkin akan pecah tidak merata. Sebagai patokan dalam penggunaan ZnO adalah sebagai berikut:

- a. ZnO dipergunakan dalam jumlah kecil sangat baik dan berguna.
- b. ZnO dipergunakan dalam jumlah besar akan merepotkan (kemungkinan rusak).
- c. ZnO dapat mempengaruhi efek dari pewarna-pewarna *glasir* tertentu.

Pewarna seperti *oksida besi* dalam *glasir* yang mengandung ZnO akan menghasilkan warna cemerlang **turquoise green**. Apabila *chromium oxide* dipergunakan sebagai pewarna dalam *glasir* ZnO menghasilkan warna kecoklat-coklatan (*brown*) bukannya hijau yang biasa dicapai oleh *oksida chromium*. ZnO dan *oksida Tin* dalam *glasir* akan menghasilkan warna yang sedikit *rose* atau sedikit kecoklatan. ZnO dan *titanium oxide* dapat menghasilkan *glasir* yang *berkristal*, karena pengaruhnya terhadap pewarna *glasir* sangat kuat. *Glasir* yang mengandung banyak ZnO secara tersendiri sudah memiliki warna yang sedikit *crem* dan tidak putih bersih.

10) **Boric Oxide (B₂O₃)**

B₂O₃ titik lelehnya sangat rendah, sehingga merupakan *flux* yang sangat aktif. Dapat dibandingkan dengan PbO dan KNaO adalah satu-satunya bahan baku yang mengandung B₂O₃ dalam bentuk yang tidak larut dalam *colemanite* (*calcium borate*) sehingga apabila harus dipergunakan bahan lain yang mengandung B₂O₃, *glasir* itu harus dibuat sebagai *frit*. *Boric oxide* dapat berfungsi sebagai *flux* untuk bahan *glasir* suhu rendah sampai suhu tinggi, karena koefisien pemuaiannya rendah sehingga dapat mengurangi retak-retak pada permukaan *glasir*. *Boric oxide* juga bertindak

sebagai pembentuk gelas, namun bahan ini larut dalam air dan dapat dimasukkan dalam bentuk *borax*. Disamping itu bahan tersebut dapat juga menambah kilap *glasir*.

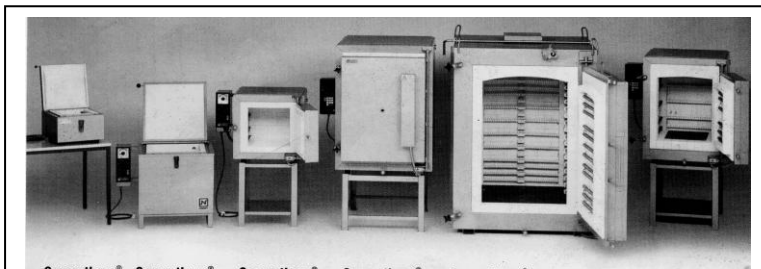
Borax ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) adalah nama yang diberikan kepada mineral *kristalin* yang mengandung *borix oxide* (B_2O_3) dan *soda*. Bila dipergunakan secara terpisah bahan ini larut dalam air, sehingga untuk dipergunakan (sebagai *flux*) bahan ini harus di *frit* dengan *silika* lebih dahulu.

Colemanite ($2 \text{CaO} \cdot 3 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) atau *calcium borate* adalah suatu mineral yang mengandung *flux* yang menguntungkan. Namun bahan ini harus dipergunakan dalam jumlah yang kecil karena adanya 27% air yang terkandung dalam kombinasi bahannya. Air itu akan hilang pada suhu tertentu dan apabila pemakaian bahan ini terlalu banyak biasanya akan menggumpal atau mengumpul pada *shelt* (papan penyangga benda yang dibakar) daripada yang menempel pada badan benda, yang disebabkan oleh susut yang tiba-tiba bila air dalam kandungan hilang.

Boric oxide jarang ditemukan secara tersendiri, tetapi dalam kombinasi dengan air, *soda*, *calcium* dan *magnesium*. Bila dipanaskan *borax* terurai menjadi *boric oxide*, *sodium metaborate* dan air. *Boric oxide* juga dapat meningkatkan efek-efek pewarna dalam *glasir*. Yakni dapat membuatnya lebih cerah seperti juga dalam penggunaan *sodium* dan *potassium*. Apabila dalam *glasir* yang mengandung B_2O_3 terdapat *oksida besi*, *glasir* yang diperoleh akan sedikit keruh seperti susu encer atau warna kebiru-biruan. Warna yang dicapai oleh pewarna-pewarna lain mungkin juga akan sedikit pecah-pecah.

11) Bahan-Bahan Lain

Tanah liat dalam bentuk *kaolin* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) merupakan tanah liat murni adalah sumber *alumina* dalam *glasir* yang memberikan SiO_2 dan persenyawaan.



Tungku (Oven) Test
BAB 4
KOMPOSISI DAN HITUNG GLASIR

4.1 Susunan Bahan Glasir

Glasir adalah campuran bahan-bahan *silikat* dan pelebur yang dilapiskan / diterapkan pada permukaan raga (*body*) keramik, yang setelah dibakar pada suhu tertentu melebur menjadi selaput (lapisan) gelas tipis (Margono, Sudrajat, 1991: 50-56). Adapun susunan bahan-bahan dalam *glasir* dapat dibagi menjadi 3 (tiga) golongan yaitu (Soesilowati, Nuryanto: 1998):

- 1) **Golongan oksida basa** yaitu dari elemen *oksida logam*.
Golongan ini merupakan bahan pelebur, dalam *oksidanya* dinyatakan sebagai R_2O dan RO .
Contoh : K_2O , Na_2O , CaO , BaO , MgO , ZnO dan PbO .

R_2O adalah komponen *alkali* yang dapat diberikan dari jenis dan jumlah *feldspar* yang ditambahkan.

RO adalah *alkali* tanah dan kebanyakan dalam bentuk CaO atau yang biasa disebut "*lime glaze*".

Disamping itu MgO, ZnO, ZrO, BaO dan lain-lain juga dapat digunakan untuk RO. *Glasir* yang menggunakan MgO selain CaO disebut *glasir talk* dan *glasir kristal*, *seng* atau ***Bristol*** menggunakan ZnO.

- 2) **Golongan oksida amfoter** adalah elemen yang dapat bereaksi sebagai logam atau *metalloid* sebagai *oksida* yang netral. Golongan ini tergantung kepada suasana, bisa bersifat *asam* maupun *basa*, dalam bentuk *oksidanya* dinyatakan sebagai R_2O_3 . Contoh : Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Sb_2O_3 dan Cr_2O_3 serta B_2O_3 yang terkadang dianggap *oksida asam*
- 3) **Golongan asam** adalah elemen *oksida* yang **bukan logam** Bentuk *oksida* golongan *asam* dinyatakan sebagai RO_2 . Contoh : SiO_2 , ZrO_2 , TiO_2 dan SnO_2 .

Glasir berwarna umumnya dibuat dengan menambahkan bahan (*oksida*) unsur-unsur transisi pada *glasir* (Soesilowati, Nuryanto: 1998).

4.2 Cara Menyusun Komposisi *Glasir*

Menyusun campuran *glasir* dapat dengan cara memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Perbandingan bahan-bahan yang dipakai
- b. Atau perbandingan *oksida* dari unsur-unsur sesudah jadi *glasir*
- c. Atau mempergunakan rumus *molekul* (rumus *empiris*) yang umumnya disebut ***Rumus Seger***.

Sebagai contoh:

Cara pertama :	Tanah liat	50 %
	Pasir kwarsa (<i>silika</i>)	10 %
	Sulfid timbel	40 %

Cara ini dipergunakan untuk membuat *glasir* yang sederhana (mudah) tanpa suatu ketelitian. Namun cara seperti ini akan menimbulkan kesulitan-kesulitan karena setiap bahan komposisi kimianya tidak selalu sama. Apabila salah satu bahannya habis, maka kemungkinan besar *glasir* yang sama mutunya tidak dapat dibuat lagi dan terjadi perubahan.

Cara kedua :	PbO	68 %
	Al ₂ O ₃	4,6 %
	SiO ₂	27,4 %

Cara seperti ini adalah berdasarkan *oksidasi-oksidasi* bahan *glasir* yang sudah dibakar. Susunan seperti ini tidak lagi tergantung dari bahan-bahan tertentu, sehingga memberikan kebebasan untuk memilih sendiri bahan-bahan yang dipergunakan. Cara demikian adalah cara pembuatan *glasir* yang lama dan teorinya banyak terdapat pada buku-buku *glasir* yang lama.

Cara ketiga :	0,8 PbO	}	0,2 Al ₂ O ₃	1,5 SiO ₂
	0,1 CaO			
	0,1 K ₂ O			

Basa

Amphoter

Asam

Cara yang mempergunakan **Rumus Seger**, yang menyatakan susunan *glasir* dalam perbandingan yang kompleks dari molekul-molekul oksida yang ada dalam *glasir* yang sudah

dibakar (cara yang lazim dipakai). *Rumus Seger* yang juga lazim disebut *rumus molekul* atau *rumus empiris* ini, lebih lanjut dibawah ini dijelaskan bagaimana struktur *glasir* yang tersusun dan umumnya diuraikan dengan ***Rumus Seger***.

Menurut **Prof. Seger** (penemu *Rumus Seger*) membagi *glasir* dalam 3 golongan yaitu, golongan *basa*, golongan *amphoter* dan golongan *asam*. Golongan *amphoter* (netral) adalah golongan *oksida-oksida* yang menurut keadaannya dapat bereaksi *basa* atau *asam*. **Seger** menyusun rumusnya yaitu jumlah *molekul oksida basa* selalu dibuat menjadi 1 (satu). ***Rumus Seger*** menyatakan *oksida* apa saja yang berada dalam *glasir* juga membagi *oksida-oksida* itu dalam tiga golongan menurut sifat / karakter dan pengaruhnya terhadap *glasir*. Karena hal tersebutlah jumlah *oksida basa* selalu dibuat menjadi satu, maka perbandingan antara ketiga golongan *oksida* dalam rumus dapat menggambarkan bagaimana sifat-sifat *glasir* tersebut.

Beberapa hukum kimia dipakai dalam ***Rumus Seger*** :

1. **Berat atom**: adalah bilangan yang menyatakan beberapa kali satu *atom* unsur lebih berat daripada satu *atom* zat cair.
2. **Berat molekul** :adalah bilangan yang menyatakan beberapa kali satu *molekul* sesuatu zat lebih berat daripada satu *atom* zat cair.
3. **Valensi / martabat** : adalah bilangan yang menyatakan jumlah *atom* zat air yang dapat bersenyawa dengan atau digantikan oleh *atom / molekul* itu.

Dalam perhitungan keramik: *martabat* adalah bilangan yang menyatakan jumlah *molekul oksida* tertentu yang berada dalam satu *molekul* sesuatu zat atau jumlah *molekul oksida* yang dapat dibentuk oleh satu *molekul* bahan itu.

4. **Berat *aequivalen***: adalah berat *molekul* dibagi oleh valensinya atau jumlah berat yang diperlukan untuk memperoleh satu *molekul oksida*.

NAMA BAHAN	RUMUS	BERAT MOLEKUL (Mol)	1 MOLEKUL MENGANDUNG MARTABAT	VALE NSI	BERAT AEQUVALENT (Eq)
Kwarsa Murni	SiO₂	60,1	1 Mol SiO ₂	1	$\frac{60,1}{1} = 60,1$
Sendawa	KNO₃	101,1	$\frac{1}{2}$ Mol K ₂ O	$\frac{1}{2}$	$\frac{101,1}{\frac{1}{2}} = 202,2$
Soda	Na₂ CO₃	106,0	1 Mol Na ₂ O	1	$\frac{106,0}{1} = 106,0$
Glit Timbel	PbO	223,2	1 Mol PbO	1	$\frac{223,2}{1} = 223,2$
Meni Timbel	Pb₃ O₄	685,6	3 Mol PbO	3	$\frac{685,6}{3} = 228,5$
Borax	Na₂ O₃. 2B₂ O₃. 10 H₂O	381,2	1 Mol Na ₂ O	1	$\frac{381,2}{1} = 381,2$
			2 Mol B ₂ O ₃	2	$\frac{381,2}{2} = 190,6$

Dikarenakan berat *aequivalent* ditujukan untuk memperoleh satu *molekul oksida* tertentu, maka akan berlainan bila dalam satu *molekul* ada beberapa *oksida* dan jumlah *oksida* itu tidak

sama. Berat *aequivalent* kini tergantung pada *oksida* yang dipergunakan.

Misalnya:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*kaolinit* –tanah murni)

Berat *molekul* (*mol*): 258,2

Berat *Aequivalent* (*Aeq*): untuk 1 *mol* $\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{258,2}{1} = 258,2$

1
untuk 1 *mol* $\text{SiO}_2 = \frac{258,2}{2} = 129,1$
2

Dalam ilmu kimia satu molekul *veldspat* ditulis dengan rumus $\text{K}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16}$ untuk *kaolinit* ditulis $\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{H}_4\text{O}_9$. Dalam ilmu keramik bahan-bahan tersebut ditulis sebagai berikut: *veldspat* $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ *kaolinit* $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Rumus keramik dengan segera menyatakan bahwa *oksida-oksida* apa yang berada dalam *molekul* suatu bahan dan bagaimana perbandingannya.

Menghitung Rumus Seger dari Perbandingan Persen :

Hasil-hasil analisa bahan-bahan dinyatakan dengan perbandingan persen. Apabila persen pendapatan analisa itu dibagi oleh berat *aequivalent* masing-masing *oksida*, maka diketahuilah jumlah *molekul* masing-masing *oksida* yang berada dalam bahan itu.

$$\frac{\text{Persen}}{\text{Berat Aequivalent (aeq)}} = \text{Molekul (mol)}$$

Contoh:

Hasil analisa kimia

$$\begin{array}{lcl}
 \text{SiO}_2 & = & 46,5 \% \quad \text{SiO}_2 = 46,5 : 60,1 = 0,774 \text{ mol} \\
 \text{Al}_2\text{O}_3 & = & 39,5 \% \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = 39,5 : 102 = 0,387 \text{ mol} \\
 \text{H}_2\text{O} & = & 14,0 \% \quad \text{H}_2\text{O} = 14,0 : 18 = 0,778 \text{ mol}
 \end{array}$$

Dengan membagi jumlah *molekul* masing-masing *oksida* dengan jumlah *molekul oksida alumina*, maka dihasilkan perbandingan *molekul* ke-3 *oksida* itu, perbandingan tersebut merupakan rumus *molekulnya*.

4.3 Limit Formula

Jumlah relatif *alumina* maupun *silika* dapat menentukan tinggi rendahnya pembakaran *glasir*, karenanya dapat diambil kesimpulan bahwa untuk suhu-suhu pembakaran yang rendah, sedang dan tinggi ada suatu *range* (antara) dalam penggunaan *oksida-oksida* tersebut. Dalam penggunaan *glasir* untuk suhu pembakaran tertentu dan jenis *glasir* tertentu ada yang disebut **limit formula**, yang menunjukkan jumlah antara dua angka bagi penggunaan *oksida-oksida* dalam kelompok **RO**, **R₂O** dan **R₂O₃**

Contoh:

Limit Formula

Suhu Pancang	Jenis Glasir	Bahan	jumlah
Δ 0,12 - 0,9	Lead Glaze	PbO	0,7 - 1
		KNaO	0 - 0,3
		ZnO	0 - 0,1
		CaO	0 - 0,2
		Al ₂ O ₃	0,05 - 0,2
		SiO ₂	1 - 1,5

Δ 0,8 - 0,1	Lead Glaze	PbO KNaO ZnO CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂	0,7 - 1 0 - 0,3 0 - 0,2 0 - 0,3 0,1 - 0,25 1,5 - 2,0
Δ 0,8 - 0,4	Lead Colemanite Glaze	PbO KNaO ZnO CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂ BaO B ₂ O ₃	0,2 - 0,60 0,1 - 0,25 0,1 - 0,25 0,3 - 0,60 0,15 - 0,2 1,5 - 2,5 0 - 0,15 0,15 - 0,6
Δ 2 - 5	Lead Glaze	PbO KNaO ZnO CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂	0,4 - 0,60 0,1 - 0,25 0 - 0,25 0,1 - 0,40 0,2 - 0,28 2 - 3
Δ 2 - 5	Colemanite Glaze	KNaO ZnO CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂ BaO	0,1 - 0,25 0,1 - 0,25 0,2 - 0,50 0,2 - 0,28 2 - 3 0,1 - 0,25
Δ 2 - 5	Lead Barium Silikat	PbO KNaO ZnO CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂ B ₂ O ₃	0,2 - 0,3 0,2 - 0,3 0 - 0,1 0,35 - 0,5 0,25 - 0,35 2,5 - 3,5 0,2 - 0,6
Δ 8 - 12	Stoneware & Porcelain Glaze	KNaO ZnO CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂ BaO B ₂ O ₃ MgO	0,2 - 0,40 0 - 0,30 0,4 - 0,70 0,3 - 0,5 3 - 5 0 - 0,30 0,1 - 0,3 0 - 0,35
Δ 08 -	Alkalin Glaze	PbO KNaO ZnO	0 - 0,5 0,4 - 0,8 0 - 0,2

04		CaO	0 - 0,3
		Al ₂ O ₃	0,05 - 0,25
		SiO ₂	1,5 - 2,5

4.4 Pedoman Membuat *Glasir* Suhu Rendah

- Diusahakan agar di dalam kelompok RO dipergunakan sekurang-kurangnya 3 macam *oksida*.
- Al₂O₃ yang dipergunakan supaya sekurang-kurangnya sebanyak 0,05 berasal dari *kaolin*. Alasannya agar *glasir* tidak mudah lepas, terkelupas dari benda, waktu dipegang sebelum pembakaran dan juga supaya *glasir* itu tidak dapat mengendap waktu meng*glasir*.
- Kaolin* selalu mengakibatkan ***crowling*** dan penyusutan pada saat *glasir* belum dibakar oleh karena itu sebaiknya lebih dari 0,015 Al₂O₃ berasal dari *feldspaat*.
- Jangan menggunakan BaO dan Al₂O₃ dalam jumlah besar karena kedua *oksida* itu sangat *refractory*.
- K₂O dan Na₂O dalam jumlah besar akan menyebabkan ***crizing***.
- Tambahan ekstra SiO₂ seringkali dapat mengatasi atau menghilangkan ***crizing*** pada *glasir* yang mengkilap.

4.5 Beberapa Kemungkinan Mengatasi ***crazing***

- Sebagian dari bahan *alkali* Na₂O diganti dengan ZnO
- Formula harus sedikit diubah, misalnya *oksida alkali* jumlahnya dikurangi dan ditambah bahan dari kelompok RO
- Sebagian dari *alkali* dapat diganti B₂O₃ yang juga merupakan *flux* aktif
- Kadang dengan meningkatkan kualitas Al₂O₃ dapat menolong
- Tingkatkan kualitas CaO
- Seringkali biscuit harus dibakar sedikit lebih tinggi

7. Penggunaan tanah merah dapat menolong juga karena tanah merah matang pada suhu rendah.

4.6 Bahan Baku dari Kelompok RO

1) PbO Lead Oxide

Flux yang paling utama di dsalam pembuatan *glasir* suhu rendah bahan baku yang mengandung PbO :

- **Galena** dengan formula **Pbs**. Bahan ini paling umum dan paling mudah terdapat dalam alam, tetapi bahan ini tidak murni karena mengandung *sulfur* (belerang) sehingga jarang dipergunakan untuk pembuatan *glasir*, karena *sulfur* akan mempengaruhi bahan-bahan lainnya di dalam reaksi selama pembakaran.
- **Litharge** dengan formula **PbO** disebut juga *load-glit*, warna kuning. Bahan ini berbutir kasar dan di dalam pembakaran mudah terjadi *reduksi*,. Yang terjadi sebagai berikut:
$$\text{PbO} + \text{CO} \rightarrow \text{Pb} + \text{C O}_2$$
 Yang di dalam proses pembakaran tetap sebagai logam, 1/6 tinggal di dalam *glasir* yang berwarna hitam.
- **Red Lead (Load Menie) Pb₃ O₄**
Untuk pembuatan *glasir red lead* ini merupakan bahan yang sangat baik karena dalam pembakaran terjadi reaksi sebagai berikut:
$$\text{Pb}_3 \text{O}_4 \rightarrow 3\text{PbO} + \text{O}$$
 reaksi ini menunjukkan bahwa akan diperoleh PbO dan 1 *atom oksigen* bebas yang meningkatkan *oksidasi* di dalam proses pembakaran, yang berarti pembakaran itu terjadi secara sempurna karena adanya *oksigen* yang cukup. Titik leleh *load manie* agak rendah dan dalam pembakaran tidak akan meninggalkan logam Pb yang bebas. Satu hal yang harus “khusus” untuk *load manie* di dalam komposisi tertentu yang mengandung *chrome* untuk suhu rendah tertentu dapat menghasilkan *glasir* warna merah, yakni “**coral red glaze**”.

- **White Lead** $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$
Warnanya putih, berupa bahan murni, berbutir kecil, dipergunakan untuk *glasir* suhu rendah. Keuntungan lainnya: bahan ini tidak dapat larut dalam air & tidak mudah mengendap. Dalam pembakaran bahan ini menunjukkan reaksi yang sangat baik dengan SiO_2 dan dengan B_2O_3 sehingga dalam kombinasi dengan oksida tersebut akan menghasilkan *glasir* yang utuh, tetapi sebagai bahan mentah bahan ini sangat beracun.

Catatan bahan *glasir* yang mengandung PbO

- Dalam jumlah banyak *glasir-glasir* yang mengandung PbO umumnya larut dalam berbagai macam *asam* atau *acid* antara lain: **air jeruk** akan melarutkan permukaan *glasir* yang mengandung banyak PbO.
- Daya tahan permukaan *glasir* agak kurang, mudah tergores.
- Dalam pembakaran PbO mudah *direduksi* di atas Δ 6 yaitu di atas 1222°C PbO akan menguap atau terbakar.
- *Glasir* yang mengandung PbO umumnya menunjukkan warna yang kekuning-kuningan.
- PbO dan CaO sebaiknya digunakan bersama dalam *glasir* karena CaO dapat membuat permukaan *glasir* lebih kuat.
- Semua bahan yang mengandung PbO seperti yang disebut di atas dalam pembakaran akan menghasilkan PbO. Dalam perhitungan *glasir* penggunaannya bahan-bahan tersebut di atas cukup diperhitungkan sebagai PbO saja.
- Bahan-bahan lain yang mengandung PbO adalah bahan campuran yang tergolong sebagai *lead silicate* antara lain:
 - **Lead monosilicate** yang terdiri atas $\pm 16\% \text{SiO}_2 + 84\% \text{PbO}$
 - **Lead bisilicate** $\pm 33\% \text{SiO}_2 + 65\% \text{PbO} + 2\% \text{Al}_2\text{O}_3$
 - **Lead silicate** adalah bahan yang berupa *frit* dan oleh karenanya tidak berbahaya dan tidak beracun seperti

bahan yang sudah disebut di atas, yang juga disebut sebagai **Raw Lead**.

Beberapa sebab PbO banyak dipergunakan dalam *glasir*

1. Bereaksi baik dengan SiO_2 dan B_2O_3
2. Dapat diandalkan sebagai bahan yang menghasilkan *glasir* utuh.
3. Titik leleh rendah dan akan membuat *glasir* meleleh secara merata.
4. Reaksi dengan oksida-oksida pewarna baik sekali dan akan menghasilkan warna-warna yang cerah.
5. Mudah untuk menguasai tekstur *glasir*, yaitu membuat transparan, *matt* atau buram dan *dekkend* (menutup).
6. *Glasir* yang mengandung PbO menjadi *glasir* yang elastis.
7. "**Coefficient of expansion**" atau koefisien pemuaian *glasir* dapat diturunkan dengan PbO.
8. Kekurangan atau selisih dalam timbangan waktu membuat *glasir* tidak akan menghasilkan kesulitan jika menggunakan PbO sebagai *flux*.
9. *Firing range* (jangka pembakaran) dari *glasir* yang mengandung PbO cukup panjang sehingga *glasir* itu tidak mudah *under fired* atau *overfired*.
10. PbO akan melarutkan macam-macam oksida pewarna dengan baik sekali sehingga tidak merusak pewarna.
11. Pada waktu meng*glasir* cairan *glasir* yang mengandung PbO akan mudah dipergunakan karena bahan-bahan *glasir* tidak mudah mengendap.
12. PbO dalam *glasir* akan menghindarkan *defitrification* artinya menghindarkan *glasir* itu beralih menjadi *crystal structure* / berstruktur kristal pada waktu *glasir* menjadi dingin.

4.7 Bahan-Bahan *Alkali* dari Kelompok RO

Bahan-bahan ini mengandung *oksida-oksida* :

K_2O	<i>Potash</i>	} Oksida-oksida ini umumnya tidak berdiri sendiri melainkan tergabung dengan oksida lain berupa: - <i>Karbonat</i> sebagai $K_2O_3 Na_2 CO_3$ dan - Sebagai <i>nitrat</i> K_2O_3 , $Na_2 NO_3$ atau tergabung - Sebagai <i>feldspat</i> $NaO . Al_2 O_3 . 6SiO_2$
Na_2O	<i>Sodium</i>	
Li_2O	<i>Lithium</i>	

Sebagai bahan baku untuk keramik *kalium karbonat* (K_2CO_3) yang disebut *Pearl Ash* & $Na_2 CO_3$ yang disebut bahan-bahan ini sebagai *karbonat* larut dalam air sehingga untuk membuat *glasir* kurang cocok, demikian pula bahan-bahan baku *kalium* dengan *natrium* dalam bentuk *nitrat* jarang dipergunakan sebagai bahan untuk membuat *glasir* karena dalam pembakaran akan melepaskan gas NaO_2 dalam pembakaran. Bahan-bahan *alkali* yang tergabung dalam bentuk *feldspat* dalam formula umum $KNaO . Al_2 O_3 . 6SiO_2$ memang merupakan bahan baku keramik yang mensuplai K_2O & Na_2O dalam bentuk yang tidak larut dalam air dan air bahkan menguntungkan dalam pembuatan *glasir* oleh karena *alkali* ini dalam bentuk *feldspat* juga membawakan $Al_2 O_3$ yang memang dibutuhkan dalam *glasir* & SiO_2 yang juga dalam *glasir* berfungsi sebagai oksida yang penting yaitu sebagai **glass former**.

Bentuk-bentuk *feldspat* yang dipergunakan sebagai bahan baku untuk keramik adalah sebagai berikut:

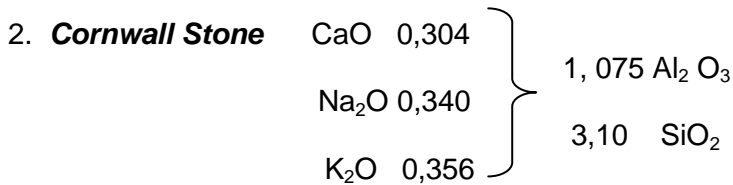
- **Arthoclase** (*potash*) $K_2O . Al_2 O_3 . 6SiO_2$
- **Albite** (*soda*) $Na_2O . Al_2 O_3 . 6SiO_2$
- **Spadomene** $Li_2O . Al_2 O_3 . 4SiO_2$
- **Anorthite** $CaO . Al_2 O_3 . 2SiO_2$
- **Calcium** $BaO . Al_2 O_3 . 2SiO_2$

Dari 5 bentuk *feldspat* ini jelas ada 3 bentuk yang dapat dipergunakan sebagai bahan baku yang memberikan bahan K_2O dalam prakteknya bentuk-bentuk *feldspat* yang terdapat dalam alam seringkali mengandung K_2O dan Na_2O secara bersama sehingga dalam perhitungan *glasir* sering dipergunakan formula umum untuk *feldspat* yaitu: $KNaO \cdot Al_2 O_3 \cdot 6SiO_2$

Bahan-bahan *feldspat* ini berfungsi sebagai *flux* dalam *glasir*, yaitu membuat *glasir* mengkilat dan cerah, tetapi *coefficient of expansion* dari *feldspat* pada umumnya akan **crazing**.

Penggunaan *feldspat* dalam *glasir* suhu rendah harus terbatas, walaupun sebenarnya Na_2O & K_2O merupakan *flux* yang sangat aktif, alasannya ialah dalam mempergunakan *feldspat* juga harus memperhitungkan $Al_2 O_3$ & SiO_2 yang terbawa bersama dengan bahan *alkali* itu. Untuk pembuatan *glasir* suhu tinggi *feldspat* merupakan bahan yang terbaik sebagai *flux*. Dari formulanya terlihat bahwa *feldspat* sebenarnya sudah menunjukkan formula *glasir* yang terdiri atas *flux* $KNaO$ (RO) terdiri atas $R_2 O_3$ yaitu $Al_2 O_3$ dan terdiri atas RO_2 yaitu $6SiO_2$ tetapi jelas perbandingannya menunjukkan jumlah $Al_2 O_3$ dan jumlah SiO_2 yang terlalu tinggi, sehingga akan memerlukan suhu pembakaran yang tinggi untuk melelehkan *feldspat* sebagai *glasir*. Dalam kenyataannya *feldspat* ada yang sudah meleleh dalam suhu $1500^\circ C$, tetapi untuk dipergunakan sebagai *glasir* perlu ada campuran-campuran *oksida* lainnya guna memperoleh kecocokan dengan *body* / raga dari benda yang diglasir. Selain daripada bentuk *feldspat* yang telah disebut ada juga beberapa jenis bahan baku yang tergolong sebagai *feldspat* yaitu bahan tersebut adalah:

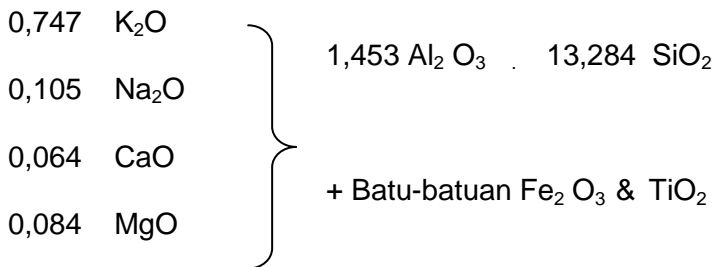
1. **Nepheline Syienite** K_2O 0,25 }
 Na_2O 0,75 } 1, 11 Al_2O_3 4,65 SiO_2



Kedua bahan ini dalam keramik sangat terkenal sebagai bahan baku keramik yang baik, dalam prakteknya *nepheline syenite* dan *cornwall stone* sering digunakan sebagai campuran *claybody* khususnya sebagai *body flux*. *Cornwall stone* sendiri jika diperhatikan formulanya sudah menunjukkan suatu komposisi *glasir* dan memang *cornwall stone* dapat digunakan secara langsung sebagai *glasir*, hanya suhu pembakaran agak tinggi.

Bahan Feldspat di Indonesia

Di Indonesia belum banyak ditemukan bahan *feldspat* yang murni. Bahan yang mendekati *feldspat* dalam komposisi adalah: **Lodoyo Pegmatite** yang selanjutnya disebut **Lodoyo Feldspat** dengan formula rata-rata:



Dari formula *lodoyo feldspat* bahwa jumlah SiO₂ terlalu tinggi untuk memungkinkan penggunaan bahan ini sebagai *feldspat* khususnya dalam perhitungan *glasir* akan terbentuk pada jumlah SiO₂ ini apabila digunakan sebagai *feldspat*, tetapi

Iodoyo feldspat dapat dipakai sebagai pengganti *feldspat* murni dengan menghasilkan efek yang lumayan.

Dari bahan *alkali* pada umumnya dapat dikatakan bahwa:

- Kecerahan *glasir* dapat dicapai.
- Efek yang khusus pada *oksida-oksida* pewarna tertentu dapat dicapai., misalnya *glasir alkalin* dengan CuO sebagai pewarna akan menghasilkan *glasir* dengan warna *turquoise*, dengan CoO akan menghasilkan *cobalt blue* yang cerah.
- *Glasir* yang mengandung banyak *alkaline* pada umumnya lebih tahan dan tidak larut dalam asam.
- K_2O & Na_2O akan menyebabkan *crazing* karena tingginya koefisien pemuaian.
- *Glasir* yang mengandung bahan *alkali* mempunyai *firing range* yang lebih panjang.

1. Sodium Na_2O

Flux yang sangat aktif dapat digunakan untuk suhu rendah atau tinggi. Untuk suhu rendah jangan digunakan Na_2O dalam jumlah yang tinggi karena permukaan *glasir* akan lunak. *Soda ash* ($NaCO_3$) salah satu jenis *karbonat* yang mengandung NaO tetapi larut dalam air, *soda ash* sering digunakan sebagai **defloculant** dalam pembuatan benda-benda keramik yang dicor artinya butir-butir tanah yang dilarutkan dalam air tidak akan mengendap apabila larutan dicampur dengan *soda ash* salah satu bentuk Na_2O yang banyak dipasarkan adalah *Borax* ($Na_2O, 2B_2O_3 \cdot 10 H_2O$), bahan ini merupakan *flux* yang sangat aktif, tetapi larut dalam air, dipergunakan dalam jumlah kecil. *Borax* dapat menurunkan titik leleh *glasir*. *Borax* dapat menghasilkan permukaan yang rata & cerah. Kadang *glasir* yang mengandung *borax* akan menghasilkan *pinholes* (lubang jarum), karena dalam pembakaran *borax* mendidih dan menyebarkan *oksigen*. Selanjutnya *borax* dapat melarutkan

warna-warna *glasir* dengan kuat sehingga dekorasi *glasir* dari jenis *underglaze* dapat menjadi rusak.

Bahan baku lainnya yang mengandung *natrium* ialah *Cyrolite* $\text{Na}_3\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{F}_6$, bahan ini jarang dipakai karena *fluor* akan menyebabkan *glasir* mendidih dan akan menghasilkan **crazing** & permukaan *glasir* menutup.

Cullet 0,5 CaO	}	Adalah bubuk gelas, oleh karena itu walaupun mengandung Na_2O dalam jumlah yang lumayan bahan ini jarang dipakai karena sebagai gelas titik leleh sangat mendadak dan membeku sebagai gelas yang sangat keras.
0,5 Na_2O		
SiO_2		

- **Potash** salah satu sumber K_2O yang telah disebut adalah K_2CO_3 atau Pearl Ash, bahan ini larut dalam air hingga jarang dipergunakan. Potassium bichromate $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ antara lain adalah bahan yang tidak sulit untuk diperoleh, akan tetapi bahan ini akan menjadi hijau.
- **Lithium** Li_2O adalah *flux* yang sangat aktif, dalam jumlah kecil *lithium* bertindak seperti K_2O atau K_2O dalam jumlah yang besar karena itu *lithium* dapat menurunkan suhu kematangan suatu *glasir*, juga dapat memungkinkan penggunaan Al_2O_3 yang lebih banyak, bahan baku yang memberikan *lithium* antara lain adalah *lithium carbonat* Li_2CO_3 dan *spodomine* yang telah digolongkan salah satu *feldspat*.

Catatan: Pada umumnya bahan-bahan baku yang mengandung K_2O larut dalam air hingga apabila terpaksa menggunakan *soda ash*, *pearl ash* & *borax* untuk memperoleh *oksida alkali* yang diperlukan harus menggunakan *glasir* dengan teknik *frit*, artinya bahan yang larut dalam air bersama dengan sebagian *kaolin* dan *silica* menurut komposisi *glasir*, dibakar terlebih dahulu sehingga

menjadi rapuh karena didinginkan serentak, bahan *glasir* yang dihasilkan itu disebut *frit*. Hanya dalam bentuk *frit* itu bahan Na_2O dan K_2O yang berasal dari *borax* atau *karbonat* tidak larut dalam air.

- **Tanah Alkalin (*Alkaline Earth*) dari RO group**

Oksida yang tergolong dalam tanah *alkalin* :

- *Calcium oxide* CaO
- *Magnesium oxide* MgO
- *Barium oxide* BaO
- *Strontium oxide* SrO

Oksida-oksida ini dalam *glasir* berperan sebagai *flux*, tetapi kekuatan sebagai *flux* masing-masing berlainan, bahkan sebenarnya *oksida-oksida* tersebut hanya berperan sebagai *flux* dalam pembakaran yang lebih tinggi, walau demikian *oksida-oksida* ini masing-masing mempunyai sifat-sifat khusus yang sangat menentukan sifat dari suatu *glasir* setelah jadi. Misalnya: *Barium oxide* sering dipakai untuk membuat *glasir* yang *mat & dekkend*, tetapi dengan permukaan yang tetap bagus. Demikian dengan *magnesium oxide* yang hanya digunakan untuk pembakaran suhu tinggi antara lain pembuatan *glasir stoneware*. *Magnesium oxide* dapat memberikan permukaan *glasir* yang kelihatan seperti empuk atau *soft*.

Sumber dari *oksida-oksida* tersebut berupa bahan baku yang berikut:

- 1) ***Calcium oxide*:**

- a. ***Kalkspat (withing)*** CaO
Calcium karbonat CaCO_3

Bahan ini sumber utama untuk *glasir*. Pada suhu rendah CaCO_3 *refractory* (tahan suhu tinggi hingga tidak meleleh) jika digunakan dalam jumlah yang besar. Dalam *glasir* suhu rendah *calcium carbonat* sangat diperlukan dalam jumlah kecil, karena bahan ini mudah terapung dalam cairan *glasir* dan akan memberikan kekuatan pada lapisan *glasir* yang memakai PbO . Dalam *glasir* suhu pembakaran tinggi CaCO_3 merupakan salah satu *flux* yang utama.

b. Fluorspar CaF_2 (**Calcium fluoride**)

Bahan ini tidak banyak dipergunakan untuk *glasir* karena *fluor* adalah zat yang menguap hingga dalam pembakaran yang menyebabkan *glasir* berbuih. Sebenarnya *fluorspar* merupakan *flux* yang sangat aktif dan warna-warna mudah tercampur dengan bahan lain.

c. Bone Ash $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Bahan ini memang berupa **abu tulang**, terutama digunakan dalam pembuatan suatu *type body* keramik yang khusus yang disebut **Bone China**. Dalam *glasir bone ash* digunakan untuk membuat *glasir* itu menjadi *dekkend*, disebabkan fosfor yang terdapat dalam *bone ash* dalam *glasir* akan terkurung berupa gelembung-gelembung kecil.

d. Dolomite $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$

Merupakan bahan yang baik sekali sebagai bahan *glasir* khusus untuk pembakaran yang lebih tinggi, karena selain daripada CaO akan didapat juga MgO yang punya sifat yang baik dalam pematangan *glasir*.

e. Colemanite $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Mineral alam yang mengandung CaO & BaO dalam bentuk yang tidak larut dalam air. Di Amerika & Eropa, *colemanite* digemari, karena selain dari CaO yang diperlukan, bahan ini juga membawa BaO_3 yaitu oksida yang berfungsi sebagai *flux* aktif. Selain daripada itu *colemanite* memberi efek yang baik dalam campuran PbO karena membuat

permukaan halus & rata serta jangkauan pembakaran (*firing range*) *glasir* menjadi cukup panjang.

Catatan: Mengenai CaO dalam penggunaan untuk *glasir* sebagai berikut ini:

1. *Fluxs* yang baik jika dipergunakan dalam jumlah yang tepat. Dalam jumlah terlalu banyak membuat *glasir* jadi kering dan kasar karena dalam jumlah besar CaO *refractory*.
2. Bahan yang agak murah dan mudah diperoleh dan banyak terdapat dalam alam.
3. CaO mudah bergabung dengan SiO₂ dan B₂O₂ dalam *glasir*.
4. CaO membuat permukaan *glasir* kuat ilica y .
5. Lapisan *glasir* menjadi lebih tahan dalam penggunaan sehari-hari.
6. CaO juga menurunkan *co-efficient of expansion glasir*.
7. Titik leleh agak tinggi hingga dalam *glasir* suhu tinggi dapat digunakan sebagai *flux* utama.
8. Dapat dipergunakan untuk membuat *glasir* agak buram, tanpa mengurangi transparansi *glasir*.
9. CaO dapat diandalkan sebagai bahan tidak menyulitkan dalam pembakaran *glasir*.
10. CaO dapat digunakan untuk membuat *glasir matt* atau buram.
11. Dalam campuran dengan *cobalt oxide* ada tendensi bahwa warna biru akan berubah ilica *pink*.
12. Warna dari *oksida besi* akan sedikit dikaburkan oleh CaO.
13. Dalam *glasir* untuk pembakaran *reduksi* CaO dalam campuran dengan *oksida besi* akan memberikan warna hijau kelabu atau ***celadon***.

2) ***Magnesium oxide***

Bahan bakunya antara lain:

- *Magnesium carbonat (magnesite)* Mg. CO₃
- *Dolomite* CaCO₃. Mg. CO₃
- *Talk (steatite)* 3MgO. 4SiO₂. H₂O

Bahan baku *magnesium carbonat* ada 2 macam yaitu:

- a. *Magnesite*, yang halus dengan berat jenis yang tinggi (timbangan juga berat)
- b. *Magnesium carbonat* yang ringan berupa bubuk yang mengembang.

Dalam penggunaannya, untuk jenis *glasir magnesite* yang berat yaitu ternyata *magnesite* lebih baik daripada *magnesium carbonat* yang ringan dan mengembang dikarenakan penggunaan bahan Mg *carbonat*. Akan pula membutuhkan banyak air dengan akibat waktu *glasir* kering lapisan *glasir* akan pecah-pecah dan kemungkinan selanjutnya *glasir* akan **crawling** dalam pembakaran. *Magnesium oxide* umumnya digunakan pada *flux* suhu tinggi, dalam suhu rendah magnesium terlalu *refractory* dan akan menghasilkan *glasir* yang *matt* dan menutup. Bila digunakan dalam jumlah yang tepat dalam *glasir* suhu pembakaran tinggi *magnesium oxide* akan menghasilkan *glasir* yang empuk dan halus kelihatannya, tetapi jika terlalu banyak *magnesium oxide* akan menghasilkan *glasir* yang kering dengan kemungkinan **crawling** dan **pinholing**. *Glasir* yang mengandung *magnesium* bila dicampur dengan *cobalt* akan menghasilkan warna agak *purple*, tidak biru yang biasa dihasilkan *cobalt*. Dalam suhu pembakaran yang sangat tinggi warna ungu yang kemerah-merahan akan menjadi *ros* atau merah. Mg akan menghasilkan *glasir* yang baik sekali jika digunakan dalam pembakaran *reduksi*. Pada umumnya

MgO dalam formula *glasir* digunakan paling banyak hanya sampai 0,3 – 0,4 *molekuler ekuivalen*, jika sesuatu formula *glasir* menunjukkan bahwa MgO harus dipergunakan maka sebaiknya memilih sebagai bahan yang disebut di atas → **dolomite**, karena bahan ini juga mengandung CaCO_3 yang telah dikenal sebagai bahan yang berfungsi sebagai *flux* yang baik dalam *glasir* suhu pembakaran tinggi. Bahan baku yang ke-3, ialah *talk* yang mengandung MgO. Umumnya *talk* akan tepat dipergunakan dalam *glasir* sebagai sumber MgO, walaupun sebenarnya *talk* lebih banyak digunakan sebagai campuran untuk *clay body*.

3) **Barium oxide BaO**

Sumber utama dari BaO adalah bahan baku *Barium carbonat* BaCO_3 . *Barium* bekerja ilica sama seperti CaO sebagai *flux* dalam *glasir*. Dalam *glasir* suhu rendah BaO harus digunakan dalam jumlah kecil karena agak *refractory*. Untuk membuat *glasir* suhu rendah yang bagus sekali karena permukaannya *matt* dan empuk seperti satin yang terkenal sebagai **Barium Matt**, dapat dipergunakan 0,15 sampai 0,2 *molekuler ekuivalen* BaO dalam *glasir type raw lead* pada suhu pembakaran *cone 04*. *Barium oxide* tidak larut secara sempurna dalam *glasir* dan butir-butirnya seperti terapung dalam *glasir* pada waktu *glasir* meleleh, hal ini yang menyebabkan *glasir* menjadi *matt* dan menutup. Untuk suhu tinggi BaO bertindak sebagai *flux* yang baik, walau pun tidak begitu aktif dan permukaan *glasir* tidak akan *matt*. Dalam *glasir* yang di *frit* juga, jika di dalam *glasir* terdapat banyak *boric oxide* (B_2O_3). *Glasir* yang menggunakan BaO tidak menghasilkan permukaan yang *matt*.

4) **Strontium oxide**

Bahan bakunya SrCO_3

Efeknya sama dengan CaO , tidak ada perbedaannya kecuali SrO agak jarang dijumpai dan harganya juga mahal. Jika memakai SrO dalam formula *glasir* sebagai *flux* dapat diganti dengan CaO tanpa perubahan.

4.8 Bahan-bahan dari Kelompok R_2O_3

Oksida yang dikelompokkan R_2O_3 terdiri dari 2 atom zat tertentu yang tergabung dalam 3 oksigen. Oksida-oksida yang dipergunakan dalam keramik dan dari kelompok ini hanya ada dua yaitu : *alumina oxide* (Al_2O_3) dan *boric oxide* (B_2O_3). Apabila telah disebutkan dalam kelompok R_2O_3 itu sebagai kelompok yang berfungsi sebagai **filler** (pengisi) dalam pembuatan *glasir*, maka sebenarnya dari 2 oksida tersebut di atas hanya Al_2O_3 yang memang berfungsi sebagai *filler*. Sedang B_2O_3 sebenarnya berfungsi sebagai *flux*, bahkan merupakan salah satu *flux* yang sangat baik karena sangat aktif dalam proses pelelehan selama pembakaran.

1) *Alumina Oxide* Al_2O_3

Bahan ini yang paling penting dalam *glasir*. Bahan ini mutlak harus ada dalam tiap *glasir* dan dikenal sebagai bahan yang menentukan antara **gelas** dan ***glasir*** yaitu:

- **Gelas** setelah meleleh membeku setempat dan akan diam ditempat.
- ***Glasir*** meleleh dan akan berjalan melebar menutup sesuatu permukaan karena cair tetapi tidak boleh meninggalkan benda yang diglasir sebabnya *glasir* mengandung bahan *kaolin* yaitu bahan utama tanah liat yang terdiri Al_2O_3 .

Bahan baku utama sebagai sumber Al_2O_3 adalah *Kaolin* (tanah liat murni) dengan formula $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. *Kaolin* bahan yang paling umum untuk pembuatan *glasir*, ada juga bahan lain yang disebut *Hydrated Alumina* $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. tetapi bahan ini tidak leleh di atas 2000°C dan *oksida flux* sukar bergabung dengan *oksida* ini karena berupa *alumina* murni. Bahan ke dua, yang paling banyak dipergunakan sebagai sumber Al_2O_3 adalah *feldspat* $\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$. Dalam pembuatan *glasir*, *feldspat* sangat digemari karena selain ada Al_2O_3 juga dipakai sebagai sumber KNaO ditambah dengan SiO_2 yang sudah ada dalam *feldspat*. Walau demikian dalam prakteknya pembuatan *glasir* tidak hanya mengandalkan Al_2O_3 dari *feldspat* saja melainkan sebaliknya sebagian kecil Al_2O_3 itu diperoleh dari *kaolin* agar *glasir* lebih plastis. Penggunaan Al_2O_3 dalam *glasir* pada hakekatnya sangat sedikit yaitu sekitar antara 0.05 sampai 0,2 *molekuler ekuivalen* untuk *glasir* suhu pembakaran rendah dan untuk *glasir* suhu pembakaran tinggi tidak akan lebih dari 0,05 *ekuivalen*. Al_2O_3 sangat *refractory* oleh karenanya tidak dapat digunakan dalam jumlah terlalu banyak tanpa mengakibatkan *glasir* itu kering seperti belum matang (*underfired*).

Fungsi Alumina dalam Glasir

- a. Mengontrol cairan *fluidity* (cair) atau *viscosity* (liat) supaya *glasir* tidak meninggalkan permukaan yang *diglasir*.
- b. Menghindarkan *rekristalisasi* dari *glasir* waktu menjadi dingin. *Alumina* dalam *glasir* yang meleleh memperlambat dan menghalangi *oksida-oksida* lainnya kembali ke bentuk *kristal*.
- c. *Alumina* menambah kekuatan dan kekerasan dari lapisan *glasir*.
- d. *Alumina* dalam jumlah yang tepat dalam suhu pembakaran yang sesuai dapat digunakan penutup atau *dekkend*.

Catatan: Jika ternyata hasil dari suatu pembuatan *glasir* terlalu kaku pada umumnya keadaan yang demikian dapat diperbaiki dengan mengurangi Al_2O_3 dalam resep *glasir*.

2) **Boric Oxide (B_2O_3)**

Berfungsi sebagai *flux* bahan-bahan yang mengandung *boric*, biasanya berupa macam-macam campuran dari *boric oxide*:

- *Boric Acid (Borr zuur)* $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- *Borax* $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
- *Colemanite* $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Boric oxide adalah *flux* yang sangat aktif dengan titik leleh rendah, sebagai *flux* kekuatannya dapat dibandingkan dengan PbO . B_2O_3 , dapat dipakai sebagai *flux* baik suhu rendah maupun suhu tinggi. *Coefficient of Expansion*-nya rendah hingga dapat digunakan untuk menghilangkan *crizing* B_2O_3 membuat *glasir* lebih mengkilap. Efeknya dengan *oksidasi* pewarna sangat khusus misalnya dengan *manganis oxide* MnO menghasilkan *grey brown* dengan *strain* kuning, hasilnya kuning muda (pucat) dari 3 macam bahan baku di atas yang merupakan sumber dari B_2O_3 . *Boric acid* dan *Borax* larut dalam air hingga tidak dipergunakan langsung untuk membuat *glasir* dan harus di *frit*.

Colemanite bahan yang digemari dalam membuat *glasir* karena selain mensuplai B_2O_3 juga menghasilkan CaO yang telah dikenal. *Colemanite* umumnya mulai meleleh pada suhu 900°C sehingga dapat digunakan untuk suhu rendah dan B_2O_3 *flux* yang aktif yang dapat menggantikan PbO (*oksidasi* beracun *toxic*) dengan demikian *colemanite* dapat digunakan untuk membuat *glasir* suhu rendah tanpa PbO . *Boric Acid* dan *Borax* dalam industri keramik banyak digunakan bersama PbO dalam pembuatan *glasir* yang di *frit*, yang khusus untuk *tableware* dan disebut *glasir* dari jenis **lead borosilicate**, ciri *glasir* ini sangat mulus, utuh, *smooth*, *firingrange*-nya panjang dan lapisan

glasimya kuat. *Boric Acid* merupakan bahan baku yang menghisap air dari udara.

4.9 Bahan-bahan dari Kelompok RO₂

Oksida untuk keramik yang termasuk RO₂ yang dikenal sebagai kelompok *glassformer* sebenarnya terdiri atas SiO₂ *Silika* disamping itu ada juga *oksida* lainnya yang dikelompokkan dalam RO₂ karena terdiri dari satu zat bergabung dengan 2 atom oksigen ialah SnO₂ (*tin oxide*), ZrO₂ (*zirconium oxide*), TiO₂ (*titanium oxide*), SbO₂ (*silica y oxide*). 4 *oksida* yang terakhir ini sebenarnya tidak berfungsi sebagai *glassformer* melainkan lebih berfungsi sebagai *opacifir* yang membuat *glasir dekkend*. *Silica* SiO₂ : bahan yang sangat penting dalam pembuatan *gelas* dan *glasir*, sebenarnya dalam *glasir* bahan yang mutlak harus ada adalah *silica*, karena berupa **glass former**. Umumnya dapat dikatakan *glasir* yang meleleh pada suhu rendah sekitar 1050°C ke bawah mengandung ± 2 bagian *silica* dan 1 bagian dari jumlah bahan-bahan lainnya (lihat *limit formula*). *Glasir* untuk suhu tinggi ± mengandung 3 bagian *ilica* bersanding dengan 1 bagian jumlah yang lainnya. Dengan demikian *silica* merupakan bahan ada dalam *glasir* karena memang merupakan *glassformer*, makin banyak *silica* makin banyak *silica* makin keras dan kuat lapisan *glasimya*, tetapi makin tinggi titik lelehnya dari *glasir*. Hal ini terlihat dalam *glasir porcelain* (bakaran tinggi). *Silika* sendiri tergolong bahan yang *refractory*, tetapi *oksida* ini mudah bergabung dengan *oksida* lainnya, hingga mudah cair dalam suhu yang lebih rendah, sifat-sifat yang baik dari *silica* antara lain:

- 1) Membuat lapisan *glasir* kuat tahan gas, *asam* dan karena cuaca.
- 2) Dapat meningkatkan suhu matang suatu *glasir*.

- 3) Menurunkan *coefficient of expansion glasir*.
- 4) Menghindarkan *defitrifikasi* dari *glasir*, menghindari *rekristalisasi* waktu lapisan *glasir* menjadi dingin.
- 5) Mengontrol tekstur *glasir*.
- 6) Memperbaiki suatu *clay-body*, misalnya dengan cara membubuhkan *silica* pada *claybody* agar *glasir* dapat melekat pada *body* benda tersebut.

Sebaliknya:

- 1) Jika *silica* terlalu sedikit akan terjadi *defitrifikasi*, *crazing* dan permukaan menjadi lunak.
- 2) Terlalu banyak *silica* akan menghasilkan *glasir* yang kering.
- 3) Terlalu banyak *silica* dalam *clay body* akan membuat benda-benda yang dihasilkan dengan *claybody* tersebut retak-retak sesudah pembakaran *biscuit*. Bahan baku sumber *silica* adalah:
 - a) *Kwarsa (flint)*;
 - b) *Clay* atau *kaolin* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$);
 - c) *Feldspat* ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$).

4.10 Teori Glasir Yg Mengarah Perhitungan Glasir

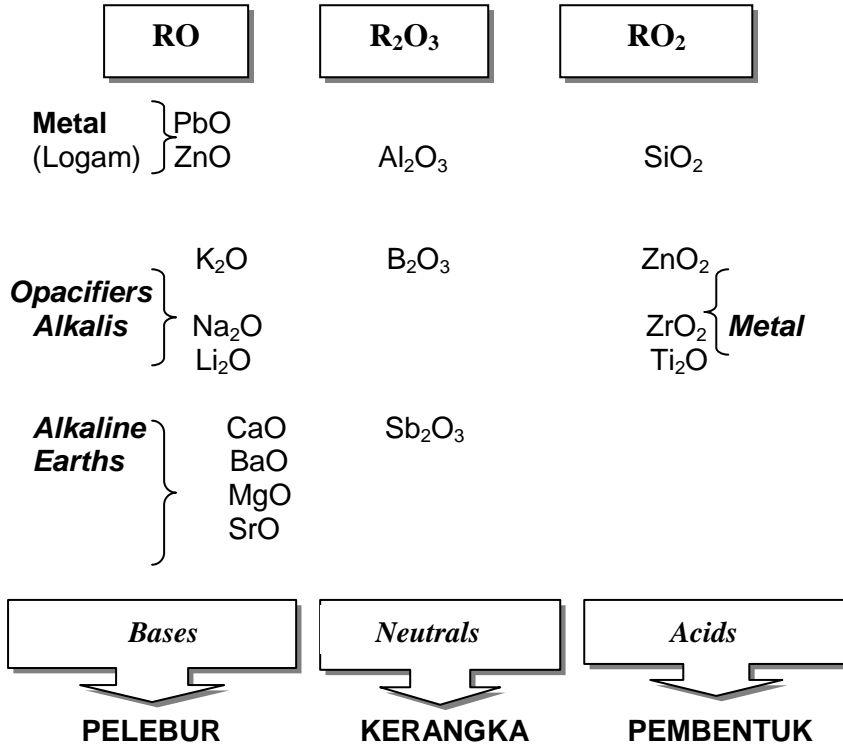
Setelah mengenal prinsip *glasir* yang menunjukkan bahwa setiap *glasir* harus mengandung 3 macam bahan yang berfungsi sebagai :

- *Glass former* (bahan gelas)
- *Stiffener* (bahan kerangka)
- *Fluxs* (bahan pelebur)

Ketiga macam bahan ini yang mutlak harus ada dalam *glasir*. Di dalam teori *glasir* terbentuk *oksida-oksida*, *oksida-oksida* tersebut secara sistematis dikelompokkan menurut apa yang dinamakan ***skeleton formula***.

Skeleton Formula

Bahan-bahan baku *glasir* dalam bentuk **skeleton formula** adalah sebagai berikut:



Skeleton formula ini memperlihatkan pengelompokan oksida-oksida keramik menjadi tiga kelompok yang juga disebut **RO kolom**, kadang disebut juga **RO group**.

Kelompok I (pertama): Kelompok RO terdiri dari *oksida-oksida* yang telah dikenal sebagai *oksida-oksida* yang berfungsi sebagai *flux* dalam *glasir*.

Kelompok II (dua) : Kelompok R_2O_3 terdiri atas *oksida-oksida* yang formulanya menunjukkan gabungan dua unsur kimia dengan 3 *oksigen*; Adapun *oksida* yang utama, dalam kelompok ini yang telah dikenal ialah Al_2O_3 yang dalam *glasir* berfungsi sebagai *stiffener*. B_2O_3 dan Sb_2O_3 yang dimasukkan dalam kelompok ini di dalam prakteknya tidak berfungsi sebagai *stiffener*, melainkan sebagai *flux*, *oksida-oksida* tersebut dimasukkan ke dalam kelompok ini karena susunannya yang serupa dengan Al_2O_3 .

Kelompok III (tiga): Kelompok RO_2 dilihat pertama akan kehadiran SiO_2 yang telah dikenal sebagai *glass former* di dalam *glasir*. 3 *oksida* lainnya yang ada dalam kelompok ini di dalam prakteknya tidak berfungsi sebagai *glass former* melainkan sebagai *opacifiers* (bahan penutup lapisan *glasir*).

Keterangan:

- *Oksida-oksida* dalam RO group bertindak sebagai *flux*
- PbO dan Li_2O adalah *flux* yang paling kuat
- *Alkaline Earths* kemampuannya sebagai *flux* yang paling kurang / rendah terutama MgO .
- Al_2O_3 pada suhu *glasir* bukan sebagai *flux*
- B_2O_3 pada suhu *glasir* merupakan *flux* yang sangat aktif

komposisi dan dapat menghasilkan tekstur berbeda sifat *glasir* yang juga berbeda-beda. Dengan demikian penggunaan resep *glasir* akan memberikan variasi yang banyak & baik.

- 2) Mengenai berat *atom* dan *cra* menentukan banyaknya *oksida* dalam formula, bahwa telah diketahui *oksida* yang ada dalam *glasir* dan bagaimana tersusunnya menurut fungsi masing-masing dalam *skeleton formula*. dalam kolom RO sebagai kerangka untuk formula *glasir*. Dalam teori perhitungan *glasir* bertitik tolak dari suatu *glasir* yang sudah jadi, pertama harus mengetahui *oksida* apa yang hadir dalam *glasir* itu dan berapa banyak tiap *oksida* dalam *glasir* tersebut. Jumlah *oksida* ini hanya dapat dinyatakan secara *relatif* menurut jumlah *molekul* dari setiap *oksida*. Teori ini dalam perhitungan *glasir* didasarkan pada *skeleton formula*, artinya *glasir* yang jadi dapat diuraikan sebagai terdiri atas 3 kelompok: $RO \quad R_2O_3 \quad RO_2$
- Dengan demikian dalam *glasir* tersebut secara mutlak harus ada oksida $SiO_2 \rightarrow$ *glass former* dalam kolom RO_2 . Selanjutnya secara mutlak harus ada *oksida* $Al_2O_3 \rightarrow$ *stiffener* dalam kelompok R_2O_3 . Akhirnya harus ada *oksida-oksida flux* dalam kolom RO, misalnya saja PbO, CaO, ZnO.

Pertanyaan berikut:

- Berapa banyak SiO_2 yang harus ada dalam *glasir* itu ?
- Selanjutnya berapa banyak Al_2O_3 yang diperlukan dalam *glasir* ?
- Dan akhirnya berapa banyak PbO, CaO, ZnO dalam *glasir* itu?

Semua ukuran *oksida* ini ditentukan dengan satuan yang disebut *molekul*, oleh karena *molekul* merupakan butir terkecil yang sebenarnya tidak dapat dilihat dengan mata, maka jumlah *molekul* dalam tiap *oksida* yang hadir dalam *glasir* tadi dikatakan sebagai jumlah relatif Banyak *oksida* dalam *glasir* tidak dapat dinyatakan dalam timbangan, karena tiap *molekul* dari tiap *oksida* mempunyai berat yang berbeda, misalnya *oksida* SiO_2 → terdiri dari:

Si dengan berat *molekul* 28

O dengan berat *molekul* 16

Berat *molekul* SiO = 44

$\text{O}_2 = 2 \times 16 = 32$

Jadi berat *molekul* $\text{SiO}_2 = 60$

Al_2O_3 yang terdiri dari:

Al dengan berat *molekul* = 26,9 → O = 16

$\text{Al}_2\text{O}_3 = 2 \times 26,9 + 3 \times 16 = 101,8$

Jadi berat *molekul* $\text{Al}_2\text{O}_3 = 101,8$

PbO → Pb = 207

O = 16

Jadi berat *molekul* PbO = 223



BAB 5 PERCOBAAN MEMBUAT GLASIR

5.1 *Glasis* Dasar

Glasis dasar harus memiliki ekspansi panas yang sama dengan tanah liat sehingga ketika dipanaskan *glasis* tidak retak. Rencana *glasis* yang cocok atau sesuai untuk tanah liat badan keramik perlu direncanakan sifat-sifat *glasis* yang dibuat. Dari dasar itu dapat dibuat berbagai macam resep *glasis* dengan penambahan kemudian warna-warna yang berbeda. Misalnya tambahan warna *titanium* 10 – 15% untuk warna putih tidak jernih atau *rutil* 5-12% untuk abu-abu, *besi oksida* 1-15% untuk warna coklat, hitam dan *kobalt karbonat* 0,25-2% untuk warna biru. *Glasis* haruslah sesuai dengan body keramik. Benda keramik bila dipanaskan akan memuai (membesar) dan bila didinginkan bisa pula menyusut. Jikalau ekspansi (pembesaran) *body* dan *glasis* tidak sama dapat m,enyebabkan *glasis* retak/pecah. Untuk itu perlu percobaan dengan resep *glasis* dengan penerapannya pada contoh *body* agar keduanya terlihat memiliki sifat ekspansi yang sama. Semua bahan yang dipergunakan dalam resep *glasis* dan tanah liat mempunyai ekspansi yang lain (lihat daftar Ekspansi).

Daftar Ekspansi

Nama Bahan	Rumus	Ekspansi

<i>Silika</i>	SiO ₂	0,05 X 10 ⁻⁷ , / °C
<i>Alumina</i>	Al ₂ O ₃	0,17
<i>Borik (Boraks/Borax)</i>	B ₂ O ₃	0,66
<i>Natrium</i>	Na O ₂	4,32
<i>Potas</i>	K ₂ O	3,90
<i>Timbal</i>	PbO	1,06
<i>Zink</i>	ZnO	0,06
<i>Kalsium</i>	CaO	1,63
<i>Magnesium</i>	MgO	0,45
<i>Barium</i>	BaO	1,73

5.2 Beberapa Percobaan *Glaser*

Glaser yang dilapiskan pada raga / *body* keramik merupakan bagian yang cukup penting dalam pembuatan keramik, disamping dapat menambah keindahan produk keramik, *glaser* juga berperan sebagai pelindung dan dapat memperpanjang usia keramik itu sendiri (Susilawati, Nuryanto, 1998: 12-13). *Glaser* ini akan matang (lebur) setelah melalui proses pembakaran. Pembakaran *glaser* dapat dilakukan dalam suasana *oksidasi* atau *reduksi* sesuai dengan hasil yang diharapkan. Pembakaran *reduksi* adalah suasana pembakaran dengan mengurangi jumlah *oksigen* dalam ruang pembakaran yang berarti menambah *oksida karbon*. Dalam kondisi ini asap berlebihan berada dalam ruang pembakaran yang secara langsung menyelimuti lapisan permukaan benda-benda keramik selama proses pembakaran (Hartono, 1991). *Glaser* adalah campuran bahan pelebur dan bahan *silikat* yang dilapiskan / diterapkan pada permukaan raga keramik, yang setelah dibakar pada suhu tertentu melebur menjadi selaput (lapisan) gelas tipis (Margono, Sudrajat, 1991: 50-56).

Pencapaian hasil suatu produk keramik meliputi pelapisan warna *glasimya*, setidaknya diawali dari perancangan yaitu warna *glaser* apa yang diinginkan, *oksida* pewarna apa yang dibutuhkan, temperatur kematangan yang direncanakan dan suasana pembakaran yang akan dilakukan.

Faktor-faktor ini terkait satu sama lain, yang pada akhirnya diharapkan memberikan hasil yang maksimal.

Umumnya *glasir* hijau dibuat dengan mempergunakan CuO sebagai *oksida* pewarnanya. Dalam kondisi pembakaran *reduksi* yang sempurna akan muncul warna hijau kemerahan sedangkan kondisi pembakaran *reduksi* yang tidak sempurna menghasilkan warna *glasir* yang tidak merata yaitu sebagian hijau (*yellowgreen*) dan sebagian hijau kemerahan (*redviole*). Dari penelitian eksperimental ini, dimana hasil uji coba ternyata perlakuan pembakaran pada temperatur 1200°C menunjukkan hasil yang kurang matang sehingga sifat *glasir* kilap (*glossy*) belum tercapai.

Sering dijumpai benda-benda keramik memiliki berbagai macam warna yang dapat menimbulkan kesan menarik, sejuk dan hangat. Dari karakter yang dimiliki ini membuat benda-benda keramik tersebut dapat difungsikan sesuai kehendak. Misalnya salah satu warna yang tergolong menyejukkan yaitu warna hijau. Hijau dalam benda keramik dapat difungsikan baik sebagai benda pakai maupun benda hias / pajang. Sebagai benda pakai dapat berupa perangkat peralatan makan dan minum sedangkan sebagai benda hias dapat berupa berbagai benda pelengkap *assesoris* dalam penataan ruang dalam dan luar (interior dan ekterior) misalnya hiasan dinding, kap lampu dan sebagainya.

Untuk memperoleh warna-warna *glasir* dengan karakter yang diinginkan tidak lepas dari bagaimana membuat campuran atau komposisi *glasir* dan pemakaian *oksida-oksida* pewarnanya, kemudian bagaimana teknik pembakarannya serta berapa suhu atau temperatur bakarnya untuk mencapai kematangan *glasir* tersebut. Sebab pembakaran (baik dalam suasana *oksidasi* maupun *reduksi*) merupakan kunci terakhir dari semua proses untuk menghasilkan suatu produk keramik.

Adapun tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perlakuan pembakaran *reduksi*

mempengaruhi pelapisan warna hijau pada permukaan raga keramik. Pada umumnya warna-warna dalam *glasir* diperoleh dengan jalan menambahkan bahan-bahan pemberi warna kedalam *glasir* dasar yang tidak berwarna. Tiga kemungkinan yang menimbulkan warna yaitu :

- a. Bahan pemberi warna itu larut dalam *glasir* dasarnya dan membentuk *atom-atom* atau *ion-ion* berwarna (membentuk persenyawaan berwarna).
- b. Bahan pemberi warna menyebabkan pembentukan bulur-bulur berwarna.
- c. Bahan pemberi warna pecah menjadi butir-butir yang sangat halus dan menyebar merata dalam *glasir* dasar (*dispersi koloidal*).

Glasir-glasir yang beraneka warna diperoleh dengan menambahkan sesuatu *oksida* logam atau campuran *oksida-oksida* sampai sebanyak kurang lebih 10% (Margono, Sudrajat, 1991). Dibawah ini dijelaskan bagaimana struktur *glasir* tersusun dan umumnya diuraikan dengan **rumus Seger**. Adapun susunan bahan-bahan dalam *glasir* dapat dibagi menjadi 3 (tiga) golongan (Soesilaowati, Nuryanto: 1998) yaitu :

1. Golongan *oksida basa*

Golongan ini merupakan bahan pelebur, dalam *oksidanya* dinyatakan sebagai R_2O dan RO .

Contoh : K_2O , Na_2O , CaO , BaO , MgO , ZnO dan PbO .

R_2O adalah komponen *alkali* yang dapat diberikan dari jenis dan jumlah *felspar* yang ditambahkan.

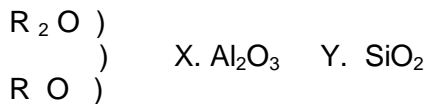
RO adalah *alkali* tanah dan kebanyakan dalam bentuk CaO atau yang biasa disebut "*lime glaze*".

Disamping itu MgO, ZnO, ZrO, BaO dan lain-lain juga dapat digunakan untuk RO. *Glisir* yang menggunakan MgO selain CaO disebut *glasir talk* dan *glasir kristal*, seng atau *Bristol* menggunakan ZnO.

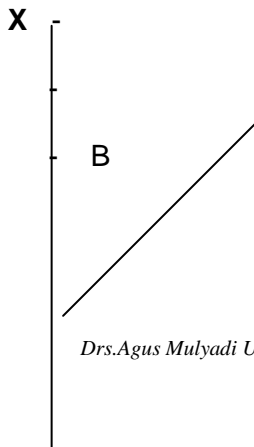
2. Golongan *oksida amfoter*
Golongn ini tergantung kepada suasana, bisa bersifat asam maupun basa, dalam bentuk oksidanya dinyatakan sebagai R_2O_3 . Contoh : Al_2O_3 , Fe_2O_3 , B_2O_3 dan Cr_2O_3 .
3. Golongan *asam*
Bentuk *oksida* golongan *asam* dinyatakan sebagai RO_2 .
Contoh : SiO_2 , ZrO_2 dan SnO_2 .

Glisir berwarna umumnya dibuat dengan menambahkan bahan *oksida* unsur-unsur transisi pada *glasir* (Soesilowati, Nuryanto: 1998). Pada percobaan ini menggunakan CuO (*oksida tembaga*) sebagai unsur pemberi warna.

Sebagai contoh dari rumus **Segar formula** dinyatakan :



Perbandingan X - Y dalam rumus Seger mempunyai pengaruh yang besar terhadap permukaan *glasir*. Pada gambar 1 adalah diagram untuk *preparasi glasir*, dan dijelaskan mengenai peranan X dan Y



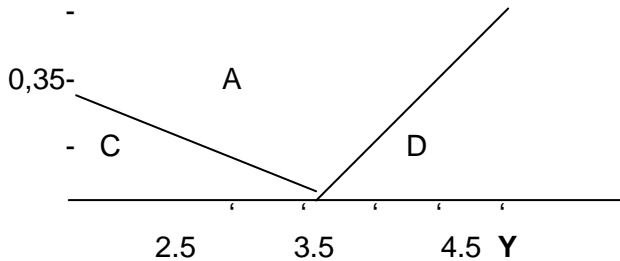
Keterangan :

A : adalah daerah *glasir transparan*

B : adalah *glasir "mat"*

C : daerah pertumbuhan *kristal-kristal* kapur dengan mengontrol komposisi dan kondisi pembakaran

D : daerah yang menghasilkan *opaque glaze*.



Gambar Diagram Preparasi Glasir

sehingga jika ketiga golongan bahan *glasir* dikomposisikan dan ditulis dalam bentuk rumus **segernya** adalah sebagai berikut :



X, Y dan Z adalah jumlah *mol equivalen*. Untuk jumlah *mol equivalen* Z dibuat = 1 sedangkan perbandingan yang ideal antara Y : Z = 1 : 10

Percobaan ini dilakukan di laboratorium, dengan bahan-bahan *feldspar, kapur, kaolin, kuarsa, oksida seng, oksida titan, oksida sirkon, oksida tembaga* dan *alumina* dengan rumus *glasir* yang dinyatakan dalam rumus **Seger** pada suhu 1200°C dalam suasana *reduksi*.

Materi dan Metode:

Komposisi *glasir* ditetapkan atas dasar **Rumus Seger** sebagai berikut :

0,185 K ₂ O)		
0,522 CaO)	0,284 Kaolinit)	1,878 SiO ₂
0,250 ZnO)	0,023 Al ₂ O ₃)	0,054 ZrO ₂
0,042 CuO)		0,042 TiO ₂

dimana hasil analisa mineral dari *oksida-oksida* kimia maupun komposisi *glasir* dalam persentase dicantumkan dalam lampiran.

Adapun cara kerjanya adalah :

1. Menimbang semua bahan sesuai dengan persentase berat dalam komposisi.
2. Semua bahan dicampur merata dan dihaluskan menggunakan mortar, sampai benar-benar halus.
3. Tuangi air sedikit demi sedikit sambil terus dihaluskan.
4. Penambahan air untuk uji laboratorium 1 : 1 antara berat bahan dan air (10 gram bahan kering = 10 cc air).
5. Setelah larutan *glasir* benar-benar halus, saring hingga lolos ayakan 100 mesh.
6. Celupkan sebentar benda sampel dari raga keramik putih kedalam *glasir*, lalu angkat.
7. Setelah kering, *glasir* ini dibakar pada temperatur 1200°C selama 10 jam dalam suasana *reduksi*.
8. Setelah kondisi dalam tungku mendingin (mencapai suhu udara), benda sampel boleh dikeluarkan dan diamati kematangannya / peleburannya, penampakan warna secara visual, dan kondisi permukaan *glasir*nya merata atau tidak.

Pembahasan hasil uji pembakaran *reduksi glasir* hijau pada suhu 1200°C adalah sebagian hijau / *yellowgreen* dan sebagian kemerahan / *redviolet* (Anonymous, 1977), tidak mengkilap dan lapisan *glasir* pada permukaan raga keramik berbintik-bintik. *Oksida tembaga* (CuO) sebagai unsur pemberi warna hijau menampilkan *glasir* warna hijau seperti yang terlihat pada foto.



Foto Glasir hijau tereduksi



Foto Glasir Hijau Tereeduksi

Daniel Rhodes (1977) menyatakan bahwa glasir yang direduksi mempunyai kualitas permukaan yang berbeda dengan glasir yang dioksidasi dan pada beberapa glasir reduksi adalah sangat menarik dan sangat disenangi oleh orang China karena kemiripannya dengan permata *jade*. Efek-efek yang demikian itu sulit dicapai pada pembakaran oksidasi. Pembakaran reduksi biasanya dilakukan pada kisaran temperatur yang sangat tinggi yaitu kerucut / seger *cone 8* sampai 14 (1250°C sampai dengan 1410°C) dan glasir ini tidak matang pada temperatur yang lebih rendah. Beberapa warna glasir reduksi yang khas adalah seperti merah tembaga dan seladon.

Dalam proses pembakaran *reduksi*, hanya beberapa bahan saja yang mengalami perubahan-perubahan, sedang bahan utama dari tanah liat seperti *alumina* dan *silica* pada raga tidak banyak dipengaruhi. Akan tetapi penampakan raga secara drastis dipengaruhi oleh suasana didalan tungku pembakaran. Salah satu efek pada penampakan visual raga keramik yang dibakar *reduksi* adalah warna abu-abu atau warna hitam yang diakibatkan oleh *karbon* yang didepositkan pada pori-pori raga keramik tersebut selama pembakaran dan tetap berada pada produk yang sudah selesai dibakar. Demikian pula halnya pada *glasir* yang dibakar *reduksi*, dengan menaikkan temperatur bakar, CO (*oksida karbon*) aktif secara kimiawi dan akan menarik *oksigen* dari setiap sumber yang tersedia, termasuk beberapa *oksida* pada bahan keramik. *Karbon* ini bisa dianggap lapar terhadap *oksigen* (O_2). *Reduksi* pada bahan *glasir* bisa mempengaruhi warna yang muncul setelah pembakaran berakhir karena CO menempel bersama-sama dengan *glasir* yang ada pada raga keramik yang mengakibatkan penampakan visual permukaan benda keramik menjadi kotor oleh asap CO tersebut. Semakin banyak asap, semakin kotor / keruh tampilan visual permukaan benda keramik, sedangkan permukaan benda keramik yang tidak terkena asap atau hanya sebagian kecil areal permukaan yang terselimuti asap maka semakin jernih / bersih visual permukaannya. Kemudian bintik-bintik yang tampak pada permukaan lapisan *glasir* adalah tanda belum lebur / matangnya *oksida* pewarna sebagai akibat kurang tingginya temperatur dan kurang sempurnanya suasana pembakaran *reduksi*.

Dari hasil percobaan yang telah dicapai dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi *glasir* yang diteliti terletak pada diagram daerah B.

2. Pada pembakaran *reduksi*, komposisi yang dibuat menghasilkan *glasir* berwarna yang sebagian hijau / *yellowgreen* dan sebagian hijau kemerahan / *redviolet* sebagai akibat dari tidak meratanya / tidak sempurnanya suasana *reduksi* dalam tungku pembakaran sehingga tidak semua permukaan benda keramik tersentuh oleh asap / CO.
3. Sifat *glasir* yang tidak mengkilap sebagai akibat dari kurang tingginya temperatur bakar, yaitu hanya 1200°C.

5.3 Beberapa Catatan Tentang *Glasir*

Ikhtisar dari pengetahuan tentang *glasir* dan karakteristiknya akan sangat membantu jika dipahami. *Glasir* memang sangat beragam. Tidak hanya dapat membuat berbagai macam warna, tetapi juga dalam rentang suhu bisa dibuat buram atau mengkilat permukaannya. Di sinilah akan dapat dilihat dari gambaran keragaman itu.

Apa yang Membuat *Up* suatu *Glaze*? *Glasir* adalah sejenis kaca yang secara khusus dibuat untuk menempel ke *body* atau permukaan keramik lainnya. Ketika cair, gelas khusus ini lebih kaku dari gelas yang seperti ditumpahkan atau ditiup. Hal ini penting, jika tidak maka *glasir* akan lari dari permukaan vertikal saat dibawa sampai suhu meningkat dalam tungku pembakaran. *Glasir* datang dalam sebuah *array* besar warna, hasil *mineral* dan senyawa *anorganik*. Pewarnaan yang paling sering digunakan adalah *oksida besi*, *oksida kobalt*, *kromium oksida*, *oksida tembaga* dan tembaga *karbonat*.

Sebuah *glasir* warna, juga dapat dilakukan oleh proses pembakaran. Jika suasana di tungku pembakaran memiliki banyak *oksigen*, itu disebut pembakaran *oksidasi*. Jika *atmosfir* memiliki *oksigen* yang sangat kecil, itu disebut pembakaran *reduksi*. Jumlah ini *oksigen* dalam tungku pembakaran secara drastis dapat mengubah warna, lapisan es (cairan *glasir*).

Sebagai contoh, sebuah dasar lapisan es menggunakan warna *tembaga karbonat* akan *pirus* jika dibakar dalam suasana *oksidasi*, atau warna merah cerah jika dibakar dalam suasana pengurangan oksigen kegelapan. *Glafir* berkisar dari yang benar-benar transparan sepenuhnya menjadi jadi buram. Kebanyakan buram atau buramnya *glafir* sebagian berasal dari efek yang bisa baik karena partikel kecil atau gelembung udara yang terjebak, atau diadakan suspensi dalam *glafir*. Banyak *glafir* putih putih karena kegelapan dan bukanlah pewarna yang sebenarnya. Mineral yang berbeda dapat juga menyebabkan keburaman dalam *glafir* dinyatakan dengan jelas, tetapi karakteristik lain seperti permukaan dan pengembangan kristal juga dapat dicapai. Mineral ini semua disebut *glafir* pengubah.

Kualitas permukaan, pada sebagian besar waktu ketika terpikir tentang *glafir*, kemungkinan berpikir yang sangat mengkilap, permukaan mengkilap, atau mungkin dof. Hal ini tidak selalu terjadi, terkadang tampak menarik diluar dugaan. Namun *glafir* juga dapat memiliki menyelesaikan sehalus satin atau permukaan *matt* dan tampak kering. Beberapa *glafir* khusus bahkan bisa sangat kasar pada tekstur. Ini tergantung dari tujuannya apa untuk seni murni, dari pertimbangan desain dan fungsinya yang ingin dicapai.

Glafir tidak semuanya mencair pada suhu yang sama. Kebanyakan *glafir* kisaran leleh cukup spesifik. Terlalu sedikit panas, dan lapisan es tidak akan sepenuhnya mencair atau matang. Terlalu banyak panas dan *glafir* akan menjadi terlalu *fluida*, dan bahkan mungkin kabur menempel pada rak *kiln* (tungku). Selain itu, beberapa *fluks glafir* pada temperatur yang lebih rendah jika suasana *kiln* adalah sedang dalam pengurangan. Temperatur dan suasana keduanya harus diperhitungkan.

Warna dalam *glafir* yang dipengaruhi oleh tanah liat, *slip*, noda, atau *underglazes* (di bawah *glafir*). Kebanyakan

warna keramik, bagaimanapun, adalah hasil dari *oksida* logam yang tersebar di dipermukaan dari glasir itu sendiri. Dalam keadaan yang berbeda-beda, pewarna ini dapat memberikan hasil yang sangat berbeda. Tiga faktor utama yang mempengaruhi warna *glasir*. Ada beberapa variabel yang dapat mempengaruhi warna, lapisan es. Ini terutama jatuh dalam kelompok tiga faktor utama diantaranya: a) Komposisi glasir. Hal ini tidak hanya mencakup pewarna pada glasir, tetapi juga lainnya glasir materi yang berinteraksi dan efek yang pewarna atau kombinasi dari pewarna. b) Suhu yang glasir dipecat. Beberapa pewarna yang stabil dan akan menghilang ke atmosfer kiln jika terlalu tinggi dipecat. Lain memberikan warna yang berbeda pada temperatur yang berbeda. c) The *kiln atmosfer* selama pembakaran dan tentu dalam beberapa kasus, selama proses pendinginan.

Kromium oksida, chrome oksida dapat menghasilkan berbagai warna: merah, kuning, merah muda, cokelat, dan terutama hijau. *Chrome volatile* 6 kerucut dan di atas serta dapat melompat dari benda satu ke benda lainnya, coretan menyebabkan dan efek berasap.

Penggunaan *chrome-merah*:

Kebutuhan membakar *glasir* menggunakan kerucut (*cone*) 08 atau di bawahnya, tentu sangat beracun dan tidak untuk barang fungsional. *Chrome-kuning*: kebutuhan akan *timbal-soda glasir* dibakar dengan kerucut 08 atau di bawahnya atau akan mulai menjadi hijau, ini sangat beracun, tidak untuk barang fungsional. *Chrome* dan menghasilkan *seng coklat*. *Chrome* ditambah hasil *timah merah muda*, berwarna abu-abu pink, dan cokelat hangat. Warna tergantung pada proporsi ini *glasir* dan *oksida* di dalam hubungan satu sama lain. Sejumlah kecil *chrome* ditambah *kobalt* dapat menghasilkan *teals* di

kerucut 9 dan lebih tinggi ketika menurun dalam pembakaran. *Magnesia glasir* bantuan dalam menghasilkan warna yang bagus.

Cobalt Oksida dan Cobalt Karbonat:

Cobalt adalah pewarna yang sangat kuat yang hampir selalu menghasilkan biru intens. *Cobalt karbonat* cenderung digunakan lebih oleh pengrajin karena memiliki ukuran partikel yang lebih halus dan kurang intens.

Dalam *glasir* dengan kadar *magnesium* tinggi, jumlah yang sangat kecil *cobalt* dapat memberikan berbagai warna dari pink melalui violet biru. *Magnesium* dan *cobalt* di *glasir* dibakar pada kerucut 9 atau yang lebih tinggi dapat menghasilkan biru belang-belang dengan warna merah, merah muda, dan ungu. Sangat sulit untuk mengontrol dan duplikat karena suhu rendah dan atmosfer jangkauan pendek. *Cobalt* dan *rutil* dapat menghasilkan dalam burik dan efek melesat. *Cobalt* dengan *mangan* dan *besi* akan menghasilkan sebuah warna yang hitam pekat.

Oksida tembaga dan Tembaga Karbonat:

Tembaga kuat sebagai *fluks* yang dapat membuat lapisan es lebih *glossy*. Pada kerucut 8 dan di atas, tembaga stabil dan dapat melompat dari benda ke benda dalam *oven*. Tembaga umumnya memberikan hijau pada *oksidasi* dan merah dalam pengurangan. Tembaga *oksida* lebih kuat dari tembaga *karbonat*, karena mengandung tembaga lebih menurut beratnya. Dalam *glasir basa*, tembaga akan menghasilkan pirus. Tembaga menghasilkan berbagai sayuran yang indah di *glasir timah*. *memimpin's meningkatkan kelarutan*

tembaga. Beracun, tidak untuk barang fungsional. Tembaga dalam *barium* dibakar dalam *glasir* suhu tinggi menghasilkan intens biru dan biru-hijau di kedua *oksidasi* dan *reduksi*. Beracun; bukan untuk *ware fungsional*. Tembaga rendah-api *glasir Michelle* dapat menghasilkan tembaga metalik. Seiring waktu, bagaimanapun, lapisan es akan *dioksidasi* menjadi hijau.

Besi Oksida di Clay:

Tidak banyak tembikar akan menjadikan besi sebagai bahan yang paling penting dari pewarna keramik, kehadiran di alam, besi di dalam tanah liat yang paling banyak menghasilkan warna tanah liat, mulai dari abu-abu terang ke terdalam sampai coklat. Di bawah *glasir* jelas, tubuh tanah liat yang mengandung besi dapat menampilkan berbagai warna yang sangat mirip. Besi yang mengandung tanah liat pada *body* benda yang telah dibakar tetapi tidak matang, seperti *bisque-ware*, sering kali adalah warna ikan salmon atau warna pink kekuning-kuningan. Jika *body* adalah *berglasir* dengan suhu bakar *glasir* rendah dan jatuh tempo di bawah suhu tubuh tanah liat, maka warna salmon, oker atau warna coklat kemerahan akan terlihat.

Jenis Besi Oksida :

Kebanyakan besi digunakan dalam *glasir* diperkenalkan sebagai *oksidasi* besi merah (*oksidasi* besi, Fe_2O_3). *oksidasi* besi kuning adalah bentuk lain dari *oksidasi* besi, walaupun warna baku berbeda, itu secara kimiawi identik dengan dan sebagai tindakan sama pada merah *besi oksida*. *Oksidasi* besi hitam (*oksidasi* besi, Fe_3O_4) pada umumnya tidak digunakan. *Crocus*

martis merupakan oksida besi murni yang dapat digunakan untuk memproduksi, kasar, atau efek bintik-bintik.

Besi Oksida di glasir:

Secara umum, besi menghasilkan warna cokelat hangat mulai dari cahaya cokelat dan jerami, ke dalam warna cokelat kaya. Tinggi yang mengandung api *glasir* abu tulang dan besi dapat menghasilkan kesemek merah dan jeruk. Besi dan timah hasil *glasir* bakaran tinggi dalam warna krim burik, memecah menjadi merah-coklat di daerah permukaan tipis. Besi *fluksi* dalam *atmosfer reduksi*. Hal ini kurang aktif dan kadang-kadang bahkan bertindak sebagai *refraktori* dalam *atmosfer oksidasi*. Besi di bakar tinggi dapat menghasilkan warna yang bisa juga terlihat indah, halus besi biru dan hijau *seladon*. *High*-api, konten *high*-besi dalam *glasir* dibakar dalam suatu pengurangan panas akan menghasilkan juga coklat gelap mengkilap atau hitam kecoklatan. Di daerah permukaan yang tipis, besi dapat *reoxidize* selama pendinginan. *Reoxidization* akan mengakibatkan wilayah tersebut menjadi merah atau mendapatkan merah *high-lights*.

Mangan Dioksida:

Mangan biasanya diperkenalkan ke *glasir* sebagai *karbonat mangan*. *Black mangan dioksida* lebih sering digunakan dalam *slip* dan tubuh tanah liat, dimana kekasaran yang menghasilkan bintik-bintik dan *splotches*. *Mangan*, bila dibandingkan dengan *cobalt* atau tembaga, adalah pewarna cukup lemah. Hal ini juga beracun, menanganinya harus dengan hati-hati, menggunakan semua tindakan pencegahan keamanan. Dalam *glasir basa* tinggi, menghasilkan *mangan* dengan warna kaya biru-ungu atau plum. Pada kerucut 6 dan

di atasnya, *mangan* bisa memproduksi coklat. Dalam *glasir* timah, *manganeses* menghasilkan lembut ungu diwarnai dengan semu coklat, sangat beracun, tidak untuk barang fungsional.

Nikel Oksida:

Nikel oksida, bila digunakan dengan sendirinya, memberikan hasil yang terkenal tidak bisa ditebak. Hal ini dapat digunakan untuk menghasilkan abu-abu tenang dan coklat, tetapi *nikel* hampir selalu digunakan untuk memodifikasi dan nada-down warna yang dihasilkan oleh pewarna lainnya.

Rutil :

Rutil adalah bijih *titanium* murni yang mengandung besi dan beberapa bahan lainnya. Ini adalah sangat menarik, pewarna yang umumnya *tan oksidasi* dan abu-abu sedikit kabur. *Rutil* mendorong pertumbuhan *kristal* di *mid-range* dan *glasir* bakaran tinggi. Hal ini dikenal untuk menciptakan efek yang indah bergaris-garis dan belang-belang. Dalam *boron* yang mengandung *glasir rutil* menghasilkan semacam lapisan atau bintik-bintik, khususnya di *glasir* mengandung pewarna lainnya. Dalam *glasir fluida*, *rutil* mendorong seperti *blues* terbuat dari batu baiduri. *Rutil* juga dapat meningkatkan *opacity*.

Lain pewarna:

Pewarna lainnya yang jarang digunakan termasuk *antimon*, digunakan untuk warna kuning di *glasir* bakaran rendah. *Cadmium* dan *Selenium*: sangat mirip, untuk

memproduksi merah cerah. Keduanya dalam proses pembakaran diluar sangat mudah, namu beracun; bukan untuk ware fungsional. Emas: memberikan berbagai warna pink, merah dan ungu. *Ilmenite*: sebagai pewarna, sangat mirip dengan *oksida besi* hitam. *Besi Kromat*: menghasilkan warna abu-abu, coklat dan hitam. *Besi kromat* bila ditambah timah dapat menghasilkan coklat kemerahan atau pink, jika diaplikasikan dengan kuas, dapat menghasilkan hitam *hazed* atau *haloed* oleh pink. *Toxic*; menangani dengan benar. *Platinum*: memberi warna abu-abu. Perak dan *Bismut*: digunakan dalam *overglazes* mengkilap. *Uranium Oksida*: memberi warna merah, karang dan warna kuning. Catatan: bahkan diterapkan ke lapisan es, tetap **radioaktif** *uranium*. *Toxic*; menangani harus dengan benar. Meskipun seniman keramik bukan bidang kimia, namun membutuhkan sedikit pemahaman penerapan tentang kimia untuk hal-hal yang berbahaya dan beracun, apalagi untuk mewujudkan ide ide yang baik dari bentuk dan rupa apa saja yang membuat warna *glasir* bekerja seperti yang diharapkan. Bahkan jika bekerja dengan *glasir* komersial, masih pula membutuhkan pemahaman dasar untuk menerapkannya dengan hasil yang konsisten dan sesuai dengan yang diinginkan.

Fungsi Glasir:

Glasir terdiri dari empat komponen utama, masing-masing dengan fungsi tersendiri. *Silika*, mantan gelas: *Silika* adalah bahan dasar baik untuk gelas dan *glasir* keramik. Bahkan, jika mendapatkan cukup panas, *silika* akan berbenntuk kaca dengan sendirinya. Namun, *silika* meleleh pada sekitar 3.100 ° F (1710 ° C atau kerucut 32), yang terlalu panas untuk pembakaran keramik. Karena itu, tidak dapat digunakan sendiri. *Silika* adalah komponen utama dari tanah liat mentah, dan dapat diterapkan pada *glasir* seperti itu. Hal ini

juga dapat dipergunakan ke *glasir* sebagai *oksida silika*, batu, dan pasir *silika*. *Alumina*, yang tahan panas. *Alumina*, atau *aluminium oksida*, digunakan dalam hampir semua *glasir* sebagai agen kaku, sehingga *glasir* menempel ke permukaan vertikal *body* keramik tanpa melarikan diri (meluncur) ketika telah meleleh. *Alumina* sering dipergunakan sebagai lapisan cairan *glasir* (es) melalui penambahan tanah liat, yang juga menyumbang beberapa *silika*. *Flux, Melting Agen*. *Flux* menurunkan titik leleh *silika*, sehingga dapat digunakan untuk membuat *glasir* keramik yang dapat dibagi ke dalam *fluks basa*, *bumi basa*, dan terak lain-lain yang sering sebagai *oksida logam*. Berbagai *flux* bekerja di dalam *glasir* dengan cara khas tersendiri, tidak saling dipertukarkan / digantikan. Beberapa *flux* sangat aktif, sehingga *glasir* bisa dipergunakan pada suhu gerabah yang rendah. Bahan lainnya kurang aktif dan berguna dalam *mid-range* dan pembakaran suhu tinggi. Penting untuk dicatat bahwa banyak juga *oksida logam* beracun. Perawatan kebersihan harus digunakan setiap kali menanganinya. Pewarna dan *glaze* pengubah, dimana bahan *silika*, saat meleleh, berubah transparan. Pewarna ditambahkan ke *glasir* untuk menghasilkan berbagai warna. Pewarna keramik harus mampu menahan laju suhu tinggi; pewarna kebanyakan *oksida logam*, yang juga dapat mempengaruhi titik meleleh. Ini harus diperhitungkan dalam mengembangkan formula *glasir*. Selain pewarna, *glasir* juga dapat memiliki pengubah lainnya yang ditambahkan. Hal ini dapat memodifikasi *opacity glasir*, Permainan warna, atau bekerja kualitas ketika *glasir* masih dalam keadaan mentah (belum dibakar). Warna dalam *glasir* yang dipengaruhi oleh tanah liat, slip, noda, atau *underglazes* atau di bawah *glasir*. Kebanyakan warna keramik, bagaimanapun juga adalah hasil dari *oksida logam* tersebar di permukaan dari *glasir* itu sendiri. Dalam keadaan yang berbeda-beda, pewarna ini dapat memberikan hasil yang juga sangat berbeda. Tiga faktor utama

yang mempengaruhi warna *glasir*, ada beberapa variabel yang dapat mempengaruhi warna, lapisan es. Komposisi *glasir*, hal ini tidak hanya mencakup pewarna pada *glasir*, tetapi juga bahan *glasir* lainnya yang berinteraksi dan menimbulkan efek pewarna atau kombinasi dari warna. Suhu bakar *glasir* yang dipergunakan mempengaruhi. Beberapa pewarna yang stabil dan akan menghilang ke *atmosfir kiln* jika terlalu tinggi pembakarannya. Dengan kata lain memberikan warna yang berbeda pada temperatur yang berbeda. *The kiln Atmosfer* akan terjadi selama dalam pembakaran dan dalam beberapa kasus juga terjadi selama proses pendinginan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1983. “*Glaze And Color In Ceramics*”. Nagoya International Training Center, Japan International Cooperation Agency (JICA), p.2 – 3
- Anonimous, 1986. **Hitung Keramik**, Departemen Perindustrian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik Bandung, hal.34-35
- Anonimous, 1977. “*Color Computer*”, M. Grumbacher, Inc 460, Third Edition, West 34th street, New York, NY 10001
- Angkama Setjadipraja, 1970. **Tinjauan Tentang Keramik**, ITB Bandung
- Anonimous,1999. **Lokasi dan Sumber Daya Bahan Galian C**, Dinas pertambangan dan Energi Propinsi Nusa Tenggara Barat, Mataram

- Ajat Sakri, Supriatna S., M. Arifin, 1997. **Pasir Kuarsa, Bahan Galian Industri**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Jakarta
- B. Haryanto, 1995. **Teknik Penulisan Laporan Teknis Interen**, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta
- Daniel Rhodes, 1953, ***Stoneware and Porcelain, The Art of High-Fired Pottery***, Radnor Pennsylvania
- Daniel Rhodes, 1973. ***Clay And Glazes For The Potters***, Pennsylvania, Revised Edition. Chilton Book Company, Radnor, p. 263-266
- Hartono, JMV. 1991. **Teori Pembakaran I: Informasi Teknologi Keramik & Gelas**, No.49.Th XIII, Juni. Balai Besar Industri Keramik, Bandung
- Hartono, YMV., 1983. **Bahan Mentah Untuk Pembuatan Keramik**, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik, Bandung
- Meekin Mc Ivan, ***Notes for Potters in Australia, Raw Materials and Clay Bodies***, Newsouth Wales University Press
- Margono & Sudrajat, 1991. "Glasir Mural Biru Turkish (Torquoise Blue)". Informasi Teknologi Keramik & Gelas, No.48 Th XII, Maret 1991, Balai Penelitian Keramik Bandung, hal.50 – 56

- Nuryanto, 2000, **Pengendalian Proses Penyiapan Bahan**, BBK, Bandung
- Rado Paul, ***An Introduction to The Technology of Pottery***, Pergamon Press Ltd, London
- Razak, R.A, 1981. **Industri Keramik**, PN. Balai Pustaka, Jakarta.
- Solichin Ardi, 1986. **Pengujian Bahan Mentah dan Produksi Keramik**, BPPIK / BBK, Bandung
- Soesilowati dan Nuryanto, 1998. **Glasir dan Pewarna**, Departemen Perindustrian dan Perdagangan R.I Badan Penelitian Dan Pengembangan Industri dan Perdagangan, Balai Besar Industri Keramik Bandung (BBIK), Bandung, hal. 12 – 13
- Suparta AR, Hamzah F, Soesilowati, 1997. **Hitung Keramik**, Balai Besar Industri Keramik, Bandung.
- Supomo,1998. **Karakterisasi dan Pengendalian Bahan mentah Keramik, Diklat *Quality Control Supervisor Industri Keramik Saniter dan Tableware***, BBIK, Bandung
- Sudarsin Hadi, 1986, **Pembuatan Keramik Rumah Tangga**
- T. Oishi. ***Ceramic Body***, Gifu Perfectural Ceramic Research Institut, Nagoya, International training Center, Japan International Cooperation Agency

Yasana, 1987, **Pengembangan Teknologi dalam Industri Kerajinan Keramik di Bali**, PSSRD Unud, Denpasar

Worrall WE, **Ceramic Raw Material**, *Second Revised Edition*, Pergamon Press Ltd, London

TABEL 1
UNSUR, SYMBOL & BERAT ATOM
 (Dibulatkan dari Berat Atom Internasional Tahun 1943)

Nama Unsur	Symbol	Berat Atom	Nama Unsur	Symbol	Berat Atom
<i>Antimoon</i>	Sb	121,8	<i>Molybdenum</i>	Mo	96,0
<i>Aluminium</i>	Al	27,0	<i>Natrium</i>	Na	23,0
<i>Arsenic</i>	As	79,9	<i>Nikkel</i>	Ni	58,7
<i>Barium</i>	Ba	137,4	<i>Perak / Silver</i>	Ag	107,9
<i>Belerang / Sulfur</i>	S	32,0	<i>Platina</i>	Pt	195,2
<i>Berilium</i>	Be	9,0	<i>Radium</i>	Ra	226,1
<i>Besi / Iron</i>	Fe	55,8	<i>Selenium</i>	Se	779,0
<i>Bismuth</i>	Bi	209,0	<i>Seng</i>	Zn	65,4
<i>Borium / Boron</i>	B	10,8	<i>Silika / Silicon</i>	Si	28,1
<i>Brom</i>	Br	79,9	<i>Strontium</i>	Sr	67,6
<i>Calsium</i>	Ca	40,1	<i>Tembaga / Copper</i>	Cu	63,6
<i>Cadmium</i>	Cd	112,4	<i>Timah / Tin</i>	Sn	118,7
<i>Cerium</i>	Ce	140,1	<i>Timbel / Lead</i>	Pb	207,2
<i>Clorine</i>	Cl	35,5	<i>Titan / Titanium</i>	Ti	47,9

<i>Cobalt</i>	Co	58,9	<i>Thorium</i>	Th	232,1
<i>Chrom /Cromium</i>	Cr	52,0	<i>Uranium</i>	U	238
<i>Emas / Gold</i>	Au	197,2	<i>Vanadium</i>	V	51,0
<i>Fluorine</i>	F	19,0	<i>Warangan /Arsenium</i>	As	74,9
<i>Fosfor /Phosphorus</i>	P	31,0	<i>Walfram / Tungsten</i>	W	184,0
<i>Iridium</i>	Ir	193,1	<i>Zat Asam / Oksigen</i>	O	16,0
<i>Jodium</i>	J	120,9	<i>Zat Arang / Carbon</i>	C	12,0
<i>Kalium / Potassium</i>	K	39,1	<i>Zat Air</i>	H	1,0
<i>Lithium</i>	Li	6,9	<i>Zat Lemas / Nitrogen</i>	N	14,0
<i>Magnesium</i>	Mg	24,3	<i>Zircon / Zirconium</i>	Zr	91,2
<i>Mangan</i>	Mn	54,9	<i>Air raksa</i>	Hg	200,6

TABEL 2
FORMULA & BERAT *EAQUIVALENT* BAHAN KERAMIK

Bahan	Formula	Berat Formula	Berat <i>Eaquiivalent</i>		
			<i>Oksida Basa</i>	<i>Oksida Netral</i>	<i>Oksida Asam</i>
<i>Alumina</i>	Al ₂ O ₃	101,9		101,9	
<i>Aluminium Hydrate</i>	Al ₂ O ₃ 3H ₂ O	155,9		155,9	
<i>Ammonium Carbonate</i>	(NH ₄) ₂ CO ₃ H ₂ O	114,1	114,1		
<i>Arsenious Oxide</i>	AS ₂ O ₃	197,8		197,8	
<i>Barium Carbonat</i>	Ba CO ₃	197,4		123,7	
<i>Boracic Acid</i>	B ₂ O ₃ 3 H ₂ O	123,7		123,7	
<i>Boric Oxide</i>	B ₂ O ₃	69,6		69,6	
<i>Borax</i>	Na ₂ B ₄ O ₇	381,4	381,4	190,7	
<i>Calcium Carbonate</i>	Ca ₂ CO ₃	100,0	100,1		
<i>Calcium Oxide</i>	CaO	56,1	56,1		

(Lime)					
Calcium Flouride	CaF ₂	78,1	78,1		
Chromic Oxide	Cr ₂ O ₃	152,0	76,0	152,0	
Clay (Kaolinite)	Al ₂ O ₃ SiO ₂ 2H ₂ O	258,2	258,2	129,1	
Caly (Calcined)	Al ₂ O ₃ 2SiO ₂	222,2		222,2	111,1
Cobaltic Oxide	CO ₂ O ₃	165,9	83,0	165,9	
Cryolite	Na ₃ AlF ₂	210,0	140,0	420,0	
Cupri Oxide	CUO	79,6	79,6		
Feldspar (Potash)	K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	556,8	556,8	556,8	92,9
Feldspar (Soda)	Na ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	524,5	524,5	524,5	87,6
Flint (Quartz)	SiO ₂	60,1			60,1
Ferrous Oxide	FeO	71,8	71,8		
Ferric Oxide	Fe ₂ O ₃	159,7	79,8	159,7	
Lead Carbonate	2PbCO ₃ Pb(OH) ₂	775,6	258,5		
Lead Oxide	Pb ₃ O ₄	685,6	228,5		
Lithium Carbonate	Li ₂ CO ₃	73,9	73,9		
Magnesium Carbonate	MgCO ₃	84,3	84,3		
Magnesium Oxide	MgO	40,3	40,3		
Magnesium Dioxide	MnO ₂	86,9	86,9		
Nickel Oxide	NiO	74,7	74,7		
Potassium Carbonate	K ₂ CO ₃	138,0	138,0		
Sodium Carbonate	Na ₂ CO ₃	106,0	106,0		
Sodium Nitrate	NaNO ₃	85,0	170,0		

Strontium Carbonate	SrCO ₃	147,6	147,6		
Tin Oxide	SnO	150,7			150,7
Titanium Dioxide	TiO ₂	80,1			80,1
Zinc Carbonate	ZnCO ₂	125,4	125,4		
Zinc Oxide	ZnO	81,4	81,4		
Zirconium Oxide	ZrO ₂	123,0	123,0		

1. Whiting (Kalkspat)
2. White Lead
3. Red Lead (Oksida besi merah)
4. Niter

Sumber : FH. Norton, p.310

TABEL 3
BAHAN-BAHAN KERAMIK

Substansi	Formula	Berat Molekul	Berat Eaq.	Formula Bakar	Berat Bakar
Aluminium Hydroxide	Al ₂ (OH) ₆	156	156	Al ₂ O ₃	
Antimony Oxide	Sb ₂ O ₃	292	292	Sb ₂ O ₃	
Barium Carbonate	BaCO ₃	197	197	BaO	153
Bone Ash	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310	103	CaO	56
Borax	Na ₂ O . 2B ₂ O ₃ . 10H ₂ O	382	382	Na ₂ O. 2B ₂ O ₃	202
Boric Acid	B ₂ O ₃ . 3H ₂ O	124	124	B ₂ O ₃	70
Calcium Borate (Colemanite)	2CaO . 3B ₂ O ₃ . 5H ₂ O	412	206	CaO1. 5 B ₂ O ₃	161
China Clay (Kaolin)	Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ . 2H ₂ O	158	258	Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂	222
China Clay (Calcined)	Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂	222	222	Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂	
Chromic Oxide	Cr ₂ O ₃	152	152	Cr ₂ O ₃	
Cobalt Carbonate	CoCO ₃	119	119	CoO	

<i>Cobalt Oxide, black</i>	Co_3O_4	241	80	CoO	
<i>Copper Carbonate</i>	CuCO_3	124	124	CoO	
<i>Copper Oxide, green (cupric)</i>	CuO	80	80	CoO	
<i>Copper Oxide, red (cuprous)</i>	Cu_2O	143	80	CuO	
<i>Cryolite</i>	Na_3AlF_6	210	420	$3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	288
<i>Dolomite</i>	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	184	184	$\text{CaO} \cdot \text{MgO}$	96
<i>Feldspar</i>					
<i>Albite</i>	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	524	524	Sama	524
<i>Anorthite</i>	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	278	278	Sama	278
<i>Buckingham Spar</i>	$\text{K}_2\text{O} \cdot 1.13\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6.45\text{SiO}_2$	296	596	Sama	596
<i>Cornwall Stone</i>	$\text{CaO} \cdot 304 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 304 \cdot 1.075 \cdot 8.10 \text{K}_2\text{O} \cdot 356$	667	667	Sama	667
<i>Godfrey Spar</i>	$\text{K}_2\text{O} \cdot 36 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 64 \cdot 1.18 \cdot 8.80$	722	722	Sama	722
<i>Nepheline Syenite</i>	$\text{K}_2\text{O} \cdot 25 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 75 \cdot 1.11 \cdot 4.65$	462	462	Sama	462
<i>Orthoclase</i>	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	556	556	Sama	556
<i>Oxford Spar</i>	$\text{CaO} \cdot 0.028 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 256 \cdot 1.105 \cdot 6.38 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 716$	581	581	Sama	581
<i>Plastic Vitrox</i>	$\text{CaO} \cdot 0.053 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 334 \cdot 1.33 \cdot 13.9 \text{K}_2\text{O} \cdot 613$	1051	1051	Sama	1051
<i>Flint (quartz)</i>	SiO_2	60	60	Sama	60
<i>Fluorspar (Calcium Fluoride)</i>	CaF_2	78	78	CaO	56
<i>Gypsum</i>	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	188	188	CaO	56
<i>Iron Chromate</i>	FeCrO_4	172	172	FeCrO_4	
<i>Iron Oxide, red (ferric)</i>	Fe_2O_3	160	160	Fe_2O_3	
<i>Iron Oxide, black (Ferrous)</i>	FeO	72	72	FeO	
<i>Lead, Red</i>	Pb_3O_4	684	228	PbO	223
<i>Lead, White</i>	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$	775	258	PbO	223

<i>(Lead Carbonate)</i>					
<i>Lead, Yellow (Litharge)</i>	PbO	223	223	Sama	223
<i>Lead Monosilicate</i>	3PbO. 2SiO ₂	789	263	Sama	
<i>Lepidolite</i>	LiF.KF.Al ₂ O ₃ .3SiO ₂	356	356	Sama	
<i>Lithium Carbonate</i>	Li ₂ CO ₃	74	74	Li ₂ O	
<i>Magnesium Carbonate (Magnesite)</i>	MgCO ₃	84	84	MgO	40
<i>Manganese Carbonate</i>	MnCO ₃	115	115	MnO	71
<i>Manganese Dioxide (black)</i>	MnO ₂	87	87	MnO	71
<i>Manganese Oxide (greenish)</i>	MnO	71	71	MnO	
<i>Nickel Oxide, green</i>	NiO	75	75	NiO	
<i>Nickel Oxide, black</i>	Ni ₂ O ₃	166	83	NiO	
<i>Niter</i>	KNO ₃	101	202	K ₂ O	94
<i>Pearl Ash</i>	K ₂ CO ₃	138	138	K ₂ O	94
<i>Petalite</i>	Li ₂ O. Al ₂ O ₃ . 8SiO ₂	197	197	Sama	
<i>Potassium Bichromate</i>	K ₂ Cr ₂ O ₇	294	294	K ₂ O. Cr ₂ O ₃	294
<i>Pyrophyllite</i>	Al ₂ O ₃ . 4SiO ₂ . H ₂ O	360	360	Al ₂ O ₃ . 4SiO ₂	
<i>Sal Soda</i>	Na ₂ CO ₃ . 10H ₂ O	286	286	Na ₂ O	62
<i>Salt</i>	NaCl	58	116	Na ₂ O	62
<i>Silica</i>	SiO ₂	60	60	Sama	60
<i>Soda Ash</i>	Na ₂ CO ₃	106	106	Na ₂ O	62
<i>Sodium Antimonate</i>	Na ₂ O. Sb ₂ O ₃	386	386	Na ₂ O. Sb ₂ O ₃	354
<i>Sodium Bicarbonate</i>	NaHCO ₃	84	168	Na ₂ O	62
<i>Sodium Nitrate</i>	NaNO ₃	85	170	Na ₂ O	62
<i>Spodumene</i>	Li ₂ O. Al ₂ O ₃ . 4SiO	372	372	Sama	
<i>Talc (Steatite)</i>	3MgO. 4SiO ₂ . H ₂ O	378	378	3MgO. 4SiO ₂	360
<i>Tin Oxide</i>	SnO ₂	151	151	Sama	151
<i>Titanium Dioxide (Rutile)</i>	TiO ₂	80	80	Sama	80

<i>Whiting</i>	CaCO ₂	100	100	CaO	56
<i>Wollastonite</i>	Ca. SiO ₃	116	116	Sama	
<i>Zinc Oxide</i>	ZnO	81	81	Sama	81
<i>Zircon (Zircopax)</i>	ZrO ₂ . SiO ₂	183	183	Sama	183
<i>Zirconium Oxide</i>	ZrO ₂	123	123	Sama	123

Sumber : 1. Glenn C. Nelson, pp. 305-306
2. John B. Kenny, pp. 187-188

OKSIDA FLUX DAN SUMBERNYA

Oksida calcium	Feldspat Dolomite China stone Nepheline syenite Colemanite Calcium sulphate Wollastonite Bone ash (calcium phosphate) Fluorspar Calcium carbonate (marmer, mika, kapur, limestone)	Dapat ditemukan dalam kombinasi
Oksida magnesium	Dolomite Talc Boracite China stone Magnesium carbonate	Dapat ditemukan dalam kombinasi
Oksida barium	Barium sulphate (barytes) Barium carbonate	
Oksida potassium	Feldspat China stone	Dapat ditemukan dalam kombinasi
Oksida boric	Colemanite Borax Boracite Boric acid	Dapat ditemukan dalam kombinasi
Oksida lithium	Lithium carbonate Petalite	Dapat ditemukan dalam kombinasi

Penambahan oksida-oksida tertentu akan memberikan warna-warna sebagai berikut :

2-6%	Oksida besi	-	nada-nada warna brown/coklat
1-2%	Iron Chromate	-	kelabu kadang-kadang juga coklat tergantung komposisi engobe.
1%	Cobalt oksida	-	biru, prosentase lebih besar menjadi biru tua.
1%	Cobalt oksida	}	biru kelabu
2%	Fe_2O_3		
3%	Copper oksida	-	hijau
6%	Mn_2O_3	-	coklat agak purple
3%	$\text{FeO} + 2\% \text{CaO}$ $+ 2\% \text{MnO}_2$	-	hitam

MACAM-MACAM OKSIDA UNTUK WARNA

Macam oksida	Persentase	Macam Warna
Oksida Cobalt	½ %	biru muda
	1 %	biru kuat
	2 %	biru tua
Cobalt	½ %	biru hijau
Oksida Copper	2 %	
Oksida Copper	2 %	hijau terang
	4 %	hijau kuat
	6 %	hijau metallic
Oksida Besi	2 %	coklat cream
	4 %	coklat
	6 %	coklat tua
Oksida Copper	2 %	hijau panas
Oksida Besi	4 %	
Oksida Mangan	4 %	ungu muda kecoklatan
	6 %	ungu tua kecoklatan