

ANALISA KEGAGALAN BINTIK HITAM PADA PERMUKAAN KERAMIK PERALATAN MAKAN

¹Dikko Mahardika, ²Syahrul Uma, ³Puji Aditia, ⁴Sukiman, ⁵Yudi Nata

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Mesin

^{1,2,3,4,5}Sekolah Tinggi Teknologi Nusa Putra

^{1,2,3,4,5}Jl. Raya Cibolang Kaler No. 21, Kab. Sukabumi

e-mail : ¹dikko@nusaputra.ac.id, ²syahrul.uma@nusaputra.ac.id, ³puji.aditia@nusaputra.ac.id,

⁴sukiman@nusaputra.ac.id, ⁵yudinata@nusaputra.ac.id

Korespondensi : ⁵yudinata@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Indonesia memiliki sumber material alam yang cukup besar dalam bentuk SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan keramik. Keramik merupakan salah satu *material* non logam yang memiliki karakteristik berbeda dan keunggulan tertentu dengan *material* lainnya, sehingga seringkali menimbulkan kegagalan-kegagalan tersendiri terhadap produk akhir dari keramik terutama pada keramik peralatan makan, dengan adanya cacat bintik pada permukaannya. Kegagalan bintik hitam yang terjadi pada permukaan keramik peralatan makan dapat diketahui dari visual identifikasi cacat pada biscuit dan *white body*. Analisa kegagalan yang dilakukan menggunakan metode akar masalah *Fault Tree Analysis (FTA)*, dilengkapi dengan berbagai pengujian karakterisasi material *SEM* dan uji *XRD*. Dari hasil pengujian katakterisasi material menggunakan uji *SEM* dan uji *XRD* didapat hasil bahwa bintik hitam berasal dari adanya unsur Fe berdasarkan hasil uji *SEM/EDS* pada produk *white Body*, sedangkan untuk bahan baku keramik setelah dilakukan uji *XRD* tidak dapat adanya senyawa-senyawa Fe pada bahan baku tersebut, akan tetapi didapat senyawa *Alluminum Iron Carbida* pada produk biskuit. Dengan demikian dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa Analisa kegagalan bintik hitam pada permukaan keramik peralatan makan berasal dari proses produksi keramik itu sendiri.

Kata Kunci : Bintik Hitam, SEM/XRD, Analisa Kegagalan

ABSTRACT

Indonesia has a large source of natural materials in the form of SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O which can be as raw material for making ceramics, ceramics are one of the non-metallic materials that have different characteristics and certain advantages with other materials, so often causing its own failure on ceramic and products, especially in tableware ceramics, with the presence of black spot defects on its surface. The black spot failure that occurs on the tableware ceramics surface can be seen from the visual identification of biscuit and white body defects. Failure analysis is performed using the mass root method Fault Tree Analysis (FTA), equipped with various characterization testing using the SEM test and XRD test result obtained that the black spots derived from the presence of Fe elements based on SEM/EDS test result on white body products, while for ceramic raw material, but obtained the Alluminum Iron Carbida compound on biscuit products. Thus it can be concluded that the failure analysis of black spots in the surface of ceramic tableware comes from the ceramic production process it self.

Keywords : Black spots, SEM/XRD, Failure Analysis

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan potensi alam yang melimpah, khususnya bahan tambang (mineral), diantaranya material-material dengan kandungan oksida yang mempunyai prospek aplikasi sebagai material cerdas (misalnya SiO₂, CaCO₃, Al₂O₃, TiO₂, dsb) [1].

Industri keramik awalnya hanya dianggap sebagai pelestarian kearifan budaya lokal, namun dalam perkembangannya industri keramik di Indonesia pun semakin meningkat, dan menjadi salah satu penggerak roda perekonomian nasional yang dapat diandalkan karena pasar yang dimiliki cukup luas, baik dalam tingkat domestik maupun internasional. Produk keramik yang dihasilkan pun bermacam-macam, ada keramik tradisional ada juga keramik modern. Keramik tradisional menghasilkan produk-produk seperti peralatan makan, ubin, gerabah, genteng dan lain-lain, sedangkan keramik modern menghasilkan produk-produk seperti keramik isolator listrik, keramik sikring, keramik peralatan kedokteran dan lain-lain.

Keramik peralatan makan yang diproduksi hendaknya aman untuk digunakan, dan produk defect hanya akan mempengaruhi sisi aesthetic saja bukan dari sisi fungsional. Perusahaan hendaknya selalu menjaga kualitas produk-produk yang dihasilkan karena dengan menjaga produk yang baik dari segi visual akan membuat pelanggan tertarik terhadap produk tersebut.

Oleh karena itu, perusahaan saat ini menerapkan standar ISO: 90001 sejak tahun 2008. Kualitas produk yang baik ditandai dengan kualitas A/B dan C, dan produk defect ditandai dengan kualitas D, Lost, dan BU Berdasarkan data defect, hal ini menunjukkan quality target tidak terpenuhi karena angka defect masih jauh di atas yang ditetapkan. Adapun defect yang terjadi dapat berupa total defect yaitu produk tidak memenuhi standar komposisi dari segi bahan baku di awal proses hingga akhir proses [2].

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Dasar Keramik

Keramik terdiri dari fasa kompleks yang merupakan senyawa unsur metal dan non metal yang terikat secara ionic maupun kovalen. Keramik pada umumnya mempunyai struktur kristalin dan sedikit electron bebasnya. Susunan kimia keramik bermacam-macam yang terdiri dari senyawa yang sederhana hingga campuran beberapa fasa kompleks.

Bahan plastis adalah bahan yang berfungsi sebagai bahan pengikat dan memberi kemudahan dalam pembentukan keramik pada kondisi mentah, bahan ini biasanya berupa kaolin, bentonite. Bahan pengisi adalah bahan tidak plastis yang berfungsi sebagai bahan pengisi untuk membentuk rangka atau kekuatan, bahan ini bisa berupa kwarsa, grog, alumina. Bahan pelebur adalah bahan tidak plastis yang berfungsi sebagai pelebur yang mengikat bahan pengisi atau rangka pada temperatur tinggi, bahan ini dapat berupa feldspar, kapur dolomit.

Selain bahan dasar yang diperlukan untuk pembuatan badan, dalam hal pembentukan keramik peralatan makan juga dibutuhkan bahan dasar untuk pembuatan glaze.

2.2 Kaolin

Kaolin adalah bahan tambang alam yang merupakan salah satu jenis tanah lempung (*clay*) dimana tersusun dari mineral utamanya adalah kaolin. Tanah lempung jenis ini berwarna putih keabu-abuan. Di alam kaolin ini berasal dari dekomposisi feldspar. Sebagai bahan tambang kaolin bercampur dengan oksida-oksida lainnya seperti kalsium oksida, magnesium oksida, kalium oksida, natrium oksida, besi oksida, dan lain-lain [3].

2.3 Bentonit

Bentonit adalah istilah pada lempung yang mengandung monmorillonit dalam dunia perdagangan dan termasuk kelompok dioktoedral. Penamaan jenis lempung tergantung dari penemu atau peneliti, misal ahli geologi, mineralogi, mineral industri dan lain-lain. Bentonit dapat dibagi menjadi dua golongan berdasarkan kandungan aluminium silikat hydrous, yaitu *activated clay* dan *fuller's Earth*. *Activated clay*

adalah lempung yang kurang memiliki daya pemucat, tetapi daya pemucatnya dapat ditingkatkan melalui pengolahan tertentu. Sementara itu, *fuller's earth* digunakan didalam *fulling* atau pembersih bahan wool dari lemak. Bentonit berasal dari sebuah kota yaitu Ford Benton Wyoming di Amerika Serikat yang diabadikan sebagai nama lempung (*clay mineral*), karena lempung yang pertama kali pada daerah tersebut memiliki sifat yang berbeda dengan lempung yang ditemukan pada daerah dengan lempung yang ditemukan sebelumnya. Bentonit merupakan mineral alumina silikat hidrat yang termasuk dalam pilosilikat, atau silikat berlapis yang terdiri dari jaringan tetrahedral (SiO_4)₂ yang terjalin dalam bidang tak hingga membentuk jaringan anion (SiO_3)₂. Rumus kimia umum bentonit adalah $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. 85% kandungan bentonit adalah montmorilonit [4].

Bentonit merupakan sumber daya mineral yang melimpah terdapat di Indonesia. Mineral bentonit memiliki diameter kurang dari 2 μm yang terdiri dari berbagai macam mineral phyllosilicate yang mengandung silica, aluminium oksida dan hidrosida yang dapat mengikat air. Bentonit memiliki struktur tiga layer yang terdiri dari dua layer silika tetrahedron dan satu layer sentral octahedral. Cadangan bentonit di Indonesia cukup berlimpah sebesar ± 380 juta ton merupakan aset potensial yang harus dimanfaatkan sebaik-baiknya. Bentonit sendiri diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu natrium bentonit dan kalsium bentonit. Natrium bentonit mengandung relatif lebih banyak ion Na^+ dibandingkan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Bentonit ini dapat mengembang hingga 815 kali apabila dicelupkan kedalam air dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air. Kandungan utama bentonit adalah mineral monmorilonit (80%) dan baidellite, dengan rumus kimia $\text{Mx} (\text{Al}_{4-x}\text{Mgx}) \text{Si}_8 \text{O}_2 (\text{OH})_4 \text{NH}_2\text{O}^{[6]}$. Kandungan lain dalam bentonit merupakan pengotor dari beberapa jenis mineral seperti kwarsa, ilit, kalsit, mika dan klorit. Struktur monmorilonit terdiri dari tiga layer yang terdiri dari satu lapisan alumina (AlO_6) berbentuk oktahedral pada bagian tengah diapit oleh dua buah lapisan silika (SiO_4) berbentuk tetrahedral. Berdasarkan karakteristik tipenya, bentonite dibedakan menjadi dua bagian diantaranya :

1. Natrium Bentonite.

Bentonit jenis ini disebut juga bentonit type wyoming atau drilling bentonit mengandung ion Na^+ relatif lebih banyak jika dibandingkan dengan Ca_2 dan ion Mg_2^+ . Natrium bentonit mempunyai sifat mengembang apabila dicelupkan kedalam air hingga delapan kali lipat dari volume semula, sehingga keadaan suspense lebih kental pH konsumsi bernilai 8,5-9,8 (bersifat basa). Mineral ini sering dipergunakan untuk lumpur pengeboran, penyumbat kebocoran bendungan, bahan campuran pembuat cat, bahan baku farmasi, dan perekat pasir cetak pada industri pengecoran logam. Natrium bentonite memiliki ukuran partikel yang sangat kecil.

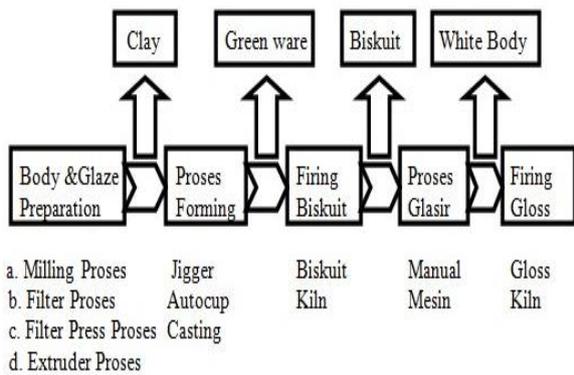
2. Kalsium Bentonite.

Bentonit jenis ini disebut Mg, Ca-bentonit, jenis ini mengandung kalsium (K_2O) dan magnesium (MgO) lebih banyak dibanding natriumnya dan mempunyai sifat sedikit menyerap air sehingga apabila didispersikan dalam air akan cepat mengendap (tidak membentuk suspense). pH kalsium bentonit 4,07,0 (bersifat asam). Mineral ini dipergunakan untuk pemucat warna untuk minyak.

Silikon dioksida juga dikenal sebagai silika (dari silex Latin), adalah oksida silicon dengan rumus kimia SiO_2 yang telah dikenal sejak zaman dahulu karena kekerasannya. Silika ini paling sering ditemukan di alam sebagai pasir atau kuarsa, Pada umumnya silika adalah dalam bentuk amorf terhidrat, namun bila pembakaran berlangsung terus-menerus pada suhu diatas 650°C maka tingkat kristalinitasnya akan cenderung naik dengan terbentuknya fasa quartz, cristobalite, dan tridymite [5].

Struktur tetrahedral unit silika (SiO_4), atom Si menunjukkan koordinasi tetrahedral, dengan 4 atom oksigen yang mengelilingi sebuah atom Si pusat. Contoh yang paling umum adalah dilihat dalam bentuk Kristal kuarsa SiO_2 silika. Pada masing-masing bentuk kristal yang paling termodinamika stabil silika, rata-rata, semua 4 dari simpul (atau oksigen atom) dari tetrahedral SiO_4 dibagi dengan yang lain, menghasilkan rumus kimia bersih SiO_2 .

2.4 Alur Proses Fabrikasi Keramik peralatan makan

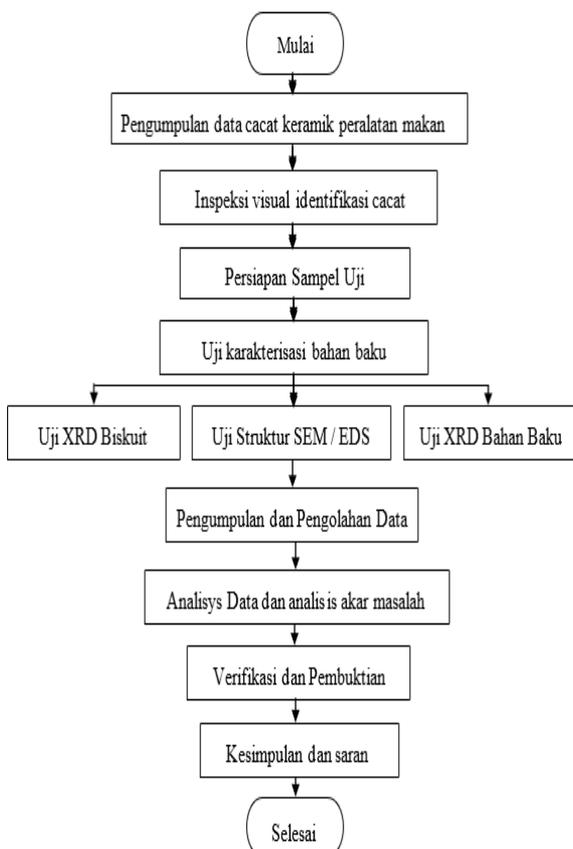


Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi

Diagram 1 diatas menunjukkan proses-proses pembuatan keramik peralatan makan, dari mulai proses pembuatan bahan baku sampai ke proses produk akhir, berupa *white body*.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir dari proses penelitian yang dibuat

Pada gambar 2 diatas nampak analisis kegagalan munculnya bintik hitam pada keramik peralatan makan, rangkaian penelitian yang diawali dari pengumpulan data cacat keramik pada industry peralatan makan sampai dengan kesimpulan dan saran.

3.2 Pengumpulan Data Cacat Keramik Peralatan makan

Tahapan pengumpulan data dilakukan sebagai acuan dalam menentukan persentasi cacat-cacat hasil akhir produksi keramik peralatan makan. Dari data ini akan disimpulkan cacat mana saja yang paling berpengaruh dalam pencapaian *grade quality* yang berhubungan langsung dengan *profit* dari industri keramik peralatan makan, sehingga cacat yang paling dominan yang akan menjadi sasaran untuk dilakukan penelitian. Cacat-cacat yang muncul dalam proses produksi keramik peralatan makan sangat banyak sekali jenisnya, masing-masing cacat tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan proses, bahan, pembakaran dan lingkungan.

Data-data cacat yang terangkum merupakan data yang diambil selama tahun 2014, 2015 dan 2016 yang menjadi acuan untuk langkah penelitian ini.

3.3 Inspeksi Visual Identifikasi Cacat Bintik Hitam

Setelah dilakukan pengumpulan data cacat-cacat pada industri keramik peralatan makan, langkah selanjutnya adalah dilakukan indentifikasi cacatcacat bintik hitam secara visual. Cacat-cacat bintik hitam terjadi pada permukaan keramik peralatan makan di tempat yang tidak pernah terduga, artinya posisi terjadinya cacat bintik hitam dapat dimana saja, bisa satu titik, dua titik, tiga titik bahkan lebih di seluruh permukaan keramik peralatan makan. Inspeksi visual ini juga meliputi seberapa besar dan seberapa dalam terjadinya cacat bintik hitam pada permukaan keramik peralatan makan.

3.4 Analisis Akar Masalah (*Fault Tree Analysis*)

Pada tahapan ini akan dilakukan pencarian akar masalah dengan menggunakan metode FTA

(*Fault Tree Analysis*) untuk mencari kemungkinan-kemungkinan penyebab terjadinya bintik hitam pada peralatan makan, sehingga nantinya bisa melakukan tindakan pencegahan yang tepat untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya bintik hitam, sehingga kerugian yang sama tidak akan terulang kembali.

Analisis akar masalah dari hasil FTA nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat usulan perbaikan yang lebih baik dan efisien sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas keramik peralatan makan.

Metode FTA menggambarkan proses (*sequence*) penyebab kegagalan (*fault*) yang terlibat dalam kejadian-kejadian, berdasarkan mekanisme proses produksi yang terjadi, sehingga faktor penyebab terjadinya bintik hitam dapat dianalisa dan diidentifikasi. Penelitian menggunakan metode FTA harus memahami simbol-simbol yang digunakan terlebih dahulu. FTA dimulai dari kerugian *loss* atau konsekuensi yang tidak diinginkan sebagai *top event* atau *head event* kemudian mengidentifikasi semua faktor dan tahapan kejadian yang mungkin berkontribusi terhadap *top event*.

1. Pengkonstruksian *Fault Tree*

Pengkonstruksian FTA selalu bermula dari *TOP event*. Oleh karena itu, berbagai *fault event* yang secara langsung, penting, dan berbagai penyebab terjadinya *TOP event* harus secara teliti diidentifikasi. Berbagai penyebab ini dihubungkan ke *TOP event* oleh sebuah gerbang logika. Penting kiranya bahwa penyebab level pertama dibawah *TOP event* harus disusun secara terstruktur. Level pertama ini sering disebut dengan *TOP structure* dari sebuah *fault tree*. *TOP structure* ini sering diambil dari kegagalan modulmodul utama sistem, atau fungsi utama dari sistem. Analisis dilanjutkan level demi level sampai semua *fault event* telah dikembangkan sampai pada kecermatan yang ditentukan. Analisis ini merupakan analisis deduktif dan dilakukan dengan mengulang pertanyaan “Apa alasan terjadinya *event* ini?”

3.5 Langkah-Langkah Membangun *Fault Tree*

1. Menentukan tujuan yang akan dicapai, adapun tujuan yang ingin dicapai adalah

mengetahui penyebab-penyebab terjadinya bintik hitam pada keramik peralatan makan.

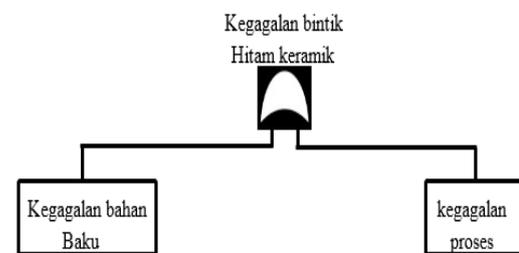
2. Mendefinisikan *Top Event*

Karena kondisi utama adalah adanya bintik hitam pada permukaan keramik peralatan makan, maka *Top Event* yang dipilih adalah faktorfaktor penyebab terjadinya bintik hitam, baru kemudian akan disusun struktur dari *Fault Tree*.

3. Definisikan kegunaan dan tujuan dari system, batasan fisik, batasan analitik, dan kondisi awal dari sistem.

4. Membuat *Fault Tree* dari langkah-langkah diatas.

3.6 Kegagalan bintik hitam



Gambar 3. *Fault Tree*-1

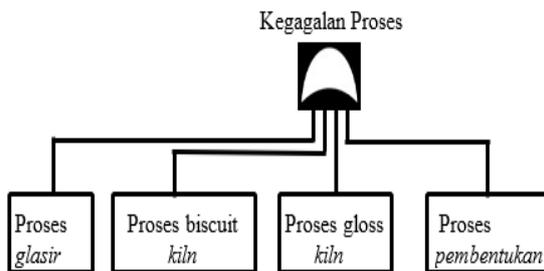
Langkah selanjutnya adalah mencari faktor yang mungkin menjadi penyebab terjadinya unsur-unsur pengotor pada bahan dasar dan lingkungan. Kejadian adanya unsur pengotor pada bahan dasar dan lingkungan dikarenakan oleh :

- Karakteristik bahan itu sendiri yang berasal dari bahan tambang.
- Dryer pembentukan kotor.
- Mesin pembentukan kotor.
- *Kiln* kotor.

Pada kejadian yang pertama karakteristik bahan dari bahan tambang bisa memungkinkan untuk dicari penyebab terhadap terjadinya bintik hitam, sehingga bukan merupakan *basic event*, kejadian kedua, ketiga, dan keempat merupakan kejadian yang bisa dikatakan menjadi *basic event*, karena tidak ada informasi tentang penyebab-penyebab dryer kotor, mesin pembentukan kotor dan *kiln* kotor.

Diantara keempat kejadian tersebut, jika salah satu kejadian terjadi, maka adanya pengotor

dari bahan dasar dan lingkungan bisa terjadi, sehingga gerbang kedua yang dipakai adalah gerbang OR, hasil pada proses ini bisa dilihat.



Gambar 3. *Fault Tree-2*

3.7 Uji karakterisasi bahan baku

Metode pengujian ini dilakukan untuk dapat mengetahui struktur kristal dan mengidentifikasi fasa-fasa senyawa yang terdapat dalam bahan bakubahan baku pembuatan keramik berasal dari bahan tambang, yang masih terdapat unsur pengotor dan pembentuk bintik hitam.

3.8 Uji Struktur Mikro Scanning Electrom Microscopic (SEM) dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)

Metode pengujian ini dilakukan terhadap bintik hitam yang ada di permukaan *white badan* untuk dapat mengetahui struktur mikro, topografi permukaan yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya), morfologi yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun object, serta untuk mengetahui komposisi data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam object, senyawa apa saja yang menyebabkan terjadinya bintik hitam. Dengan pengujian SEM ini nantinya juga didapat informasi kristalografi yaitu informasi mengenai susunan dari butir-butir di dalam object yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya). SEM memiliki pembesaran sampai 300.000 kali. Uji SEM ini akan dilakukan di pusat Sentra Teknologi Polymer di kawasan Puspiptek Serpong Tangerang, uji SEM ini dilakukan pada permukaan / dinding *white badan* yang terdapat bintik hitam setelah terlebih dahulu dipecahkan.

Prinsip kerja SEM yaitu bermula dari *electron beam* yang dihasilkan oleh sebuah filamen pada *electron gun*. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan diberikan kepada lilitan yang mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.

3.8 Prosedur pengujian Scanning Electrom Microscopic (SEM) dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)

Langkah-langkah pengujian SEM dapat dijelaskan sebagai berikut,

1. Bahan uji yang akan dilakukan pemotretan harus bersih, kering, dan telah melalui proses pemolesan (*Polishing*) dengan menggunakan alumina untuk permukaan yang rata, bebas dari kotoran, tidak berminyak dan mengkilap sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil pemotretan dengan baik.
2. Membersihkan bahan uji dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan media *acetone* untuk menghilangkan debu-debu pengotor.
3. Menempelkan bahan uji pada *specimen holder* untuk mendapatkan posisi benda uji yang tetap (tidak bergerak).
4. Bahan uji dimasukkan kedalam *specimen chamber* untuk melakukan observasi pada specimen uji sebelum dilakukan pemotretan.
5. Pemotretan dilakukan dengan menggunakan pembesaran yang diinginkan untuk mengetahui butiran, batas butir, keretakan dan dislokasi.
6. Hasil pemotretan berupa gambar SEM, yang kemudian akan dianalisis tentang struktur mikronya.

3.9 Uji X-Ray Diffraction (XRD) Bahan Baku dan Biskuit

Karakterisasi struktur kristal merupakan salah satu karakterisasi penunjang dari penelitian ini, untuk dapat mengetahui struktur kristal dan fasa-fasa senyawa yang terbentuk pada bahan baku, biskuit dan *white body* Proses ini dilakukan dengan menggunakan Difragtometer sinar-X. Pada sampel uji bahan baku, biskuit dan *white body* Kemudian sampel tersebut diletakkan pada holder,

ditekan menggunakan kaca dengan tekanan secukupnya agar sampel tidak bergeser ataupun jatuh pada saat proses berlangsung, lalu dimasukkan kedalam box XRD dan siap dikarakterisasi, karakterisasi ini dilakukan dalam rangka mengetahui struktur kristal yang terbentuk, mengetahui parameter kisi, dan mengetahui pembentukan lapisan keramik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data Cacat Keramik Peralatan makan

Cacat-cacat produksi yang dihasilkan oleh industri keramik peralatan makan sangat bervariasi, diantaranya adalah bintik hitam, kebengkokan, lubang jarum, pori-pori, belang pada permukaan, glaze tidak rata, gumpil kaki, cacat bodi dan lainnya. Namun dari sekian banyak cacat-cacat produksi yang dihasilkan oleh produksi keramik peralatan makan, ada tiga cacat yang memiliki angka persentase tertinggi, berikut adalah tiga besar cacat produksi keramik peralatan makan pada tiga tahun terakhir, di PT. Indoporcelain.

Tabel 1. Data tiga besar cacat-cacat keramik peralatan makan PT Indoporcelain tahun 2014

No	Bulan	Target			Nilai Pcs			Nilai %		
		Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum	Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum	Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum
1	Januari	5.00%	7.00%	1.70%	19,801	19,100	5,253	7.96	7.68	2.11
2	Februari	5.00%	7.00%	1.70%	15,693	15,853	3,340	7.35	7.43	1.57
3	Maret	5.00%	7.00%	1.70%	18,913	18,370	4,619	8.07	7.83	1.97
4	April	5.00%	7.00%	1.70%	21,618	19,483	4,167	10.31	9.29	1.99
5	Mei	5.00%	7.00%	1.70%	20,678	16,063	6,720	9.97	7.74	3.24
6	Juni	5.00%	7.00%	1.70%	16,235	10,934	4,821	9.36	6.30	2.78
7	Juli	5.00%	7.00%	1.70%	13,127	10,967	2,639	7.41	6.19	1.49
8	Agustus	5.00%	7.00%	1.70%	22,638	14,499	2,797	9.27	5.93	1.14
9	September	5.00%	7.00%	1.70%	16,481	12,732	2,837	8.17	6.31	1.41
10	Oktober	5.00%	7.00%	1.70%	19,194	13,304	3,248	7.81	5.42	1.32
11	November	5.00%	7.00%	1.70%	20,781	13,667	3,583	7.66	5.04	1.32
12	Desember	5.00%	7.00%	1.70%	22,091	17,572	2,903	10.47	8.33	1.38
<i>Average</i>					18,937.50	15,212.00	3,910.58	8.65	6.96	1.81

Tabel 2. Data tiga besar cacat-cacat keramik peralatan makan PT Indoporcelain tahun 2015

No	Bulan	Target			Nilai Pcs			Nilai %		
		Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum	Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum	Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum
1	Januari	5.00%	7.00%	1.70%	23,054	21,759	2,255	11.41	10.77	1.12
2	Februari	5.00%	7.00%	1.70%	21,080	17,070	2,730	10.20	8.26	1.32
3	Maret	5.00%	7.00%	1.70%	22,412	16,757	2,684	11.27	8.43	1.35
4	April	5.00%	7.00%	1.70%	19,753	15,576	2,258	8.60	6.78	0.98
5	Mei	5.00%	7.00%	1.70%	14,495	9,665	1,692	7.21	4.80	0.84
6	Juni	5.00%	7.00%	1.70%	14,907	11,577	1,762	7.02	5.46	0.83
7	Juli	5.00%	7.00%	1.70%	16,745	7,007	1,603	9.94	4.16	0.95
8	Agustus	5.00%	7.00%	1.70%	17,573	7,504	1,237	9.07	3.87	0.64
9	September	5.00%	7.00%	1.70%	15,856	6,297	1,563	7.11	2.82	0.70
10	Oktober	5.00%	7.00%	1.70%	15,928	8,356	1,671	8.04	4.22	0.84
11	November	5.00%	7.00%	1.70%	12,433	5,403	924	8.17	3.55	0.61
12	Desember	5.00%	7.00%	1.70%	11,599	4,856	1,063	7.97	3.34	0.73
<i>Average</i>					17,152.92	10,985.58	1,786.83	8.83	5.54	0.91

Tabel 3. Data tiga besar cacat-cacat keramik peralatan makan PT Indoporcelain tahun 2016

No	Bulan	Target			Nilai Pcs			Nilai %		
		Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum	Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum	Bintik Hitam	Bengkok	Lubang Jarum
1	Januari	4.00%	2.00%	1.70%	13,050	5,697	959	7.31	3.19	0.54
2	Februari	4.00%	2.00%	1.70%	12,578	3,984	706	8.63	2.73	0.48
3	Maret	4.00%	2.00%	1.70%	15,890	4,475	1,176	10.09	2.84	0.75
4	April	4.00%	2.00%	1.70%	17,144	4,840	2,206	9.59	2.71	1.23
5	Mei	4.00%	2.00%	1.70%	21,146	4,911	3,251	12.51	2.91	1.92
6	Juni	4.00%	2.00%	1.70%	19,354	4,822	3,693	9.48	2.36	1.81
7	Juli	4.00%	2.00%	1.70%	13,598	4,068	2,642	9.71	2.91	1.89
8	Agustus	4.00%	2.00%	1.70%	16,224	4,203	2,911	10.10	2.62	1.81
9	September	4.00%	2.00%	1.70%	14,634	4,030	2,509	8.95	2.47	1.53
10	Oktober	4.00%	2.00%	1.70%	1,288	84	80	16.10	1.05	1.00
<i>Average</i>					14,490.60	4,111.40	2,013.30	10.25	2.58	1.30

Tabel 1, 2, 3 diatas merupakan beberapa tabel yang menunjukkan data-data pencapaian cacat keramik pada industry keramik peralatan makan dari tahun 2014 sampai 2015.

Pada industri keramik peralatan makan cacat produksi yang dihasilkan masih didominasi oleh

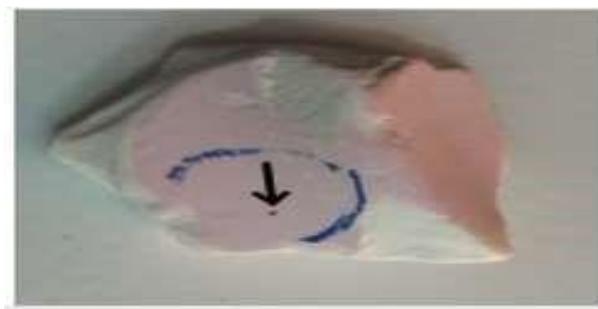
tiga cacat terbesar, yaitu bintik hitam, bengkok, dan lubang jarum, data cacat produksi yang diambil adalah data cacat produksi dari perusahaan keramik peralatan makan di PT. Indoporcelain, yang memiliki target untuk ketiga cacat tersebut yaitu untuk bintik hitam ditargetkan 4%, untuk bengkok 2%, sedang untuk lubang jarum 1,7%. Data yang diambil adalah data pada tiga tahun terakhir, dimana dalam tahun 2014 khusus untuk cacat terbesar yaitu cacat bintik hitam mengalami penurunan tetapi masih jauh diatas target, dikarenakan belum adanya informasi detail tentang penyebab cacat bintik hitam tersebut.

Aktual pencapaian cacat bintik hitam dari tiga tahun terakhir menunjukkan angka yang terus naik dari target pencapaian, terutama pada tahun 2016 pencapaiannya terus naik menjadi 10 % dari target 4 %, hal ini terjadi karena analisis yang ada selama ini dalam upaya upaya pencegahan munculnya bintik hitam masih belum tepat dan belum maksimal, sehingga berdasarkan hal tersebut dilakukan lah penelitian untuk bisa menurunkan angka bintik hitam.

4.2 Inspeksi Visual Identifikasi Cacat



Gambar 4. Bintik Hitam pada permukaan *White Badan*



Gambar 5. Bintik Hitam pada permukaan biscuit

Gambar 4,5 adalah gambar yang menunjukkan bintik hitam yang terlihat secara visual pada *white body* dan biscuit.

Dari hasil pengamatan secara visual, maka dapat diperoleh beberapa identifikasi cacat terkait adanya bintik hitam, yaitu:

1. Munculnya bintik hitam terjadi di permukaan biscuit dan *white body* keramik.
2. Bintik hitam yang muncul di permukaan terletak pada lapisan glazur, serta lapisan antara glazur dan badan.
3. Struktur morfologi bintik hitam tidak memiliki pola-pola tertentu.
4. Tingkat kepekatan warna bintik hitam yang terbentuk tidak selalu sama antara satu dan yang lainnya.
5. Bintik hitam yang terbentuk selalu rata dengan permukaan keramik itu sendiri.
6. Dalam satu permukaan keramik terkadang bisa lebih dari satu titik bintik hitam yang terbentuk.
7. Bintik hitam yang terbentuk begitu bersenyawa dengan permukaan keramik, sehingga sangat sulit untuk bisa dihilangkan dengan apapun.

4.3 Persiapan Sampel Uji

Pengujian yang dilakukan sebagai data pendukung untuk bisa mengetahui kegagalan bintik hitam pada keramik peralatan makan adalah dengan menggunakan pengujian struktur mikro, pengujian struktur mikro yang dilakukan adalah pengujian SEM / EDS.

Sample yang diuji berupa *white body* yang diambil pada bagian permukaan yang terdapat bintik hitam. Proses pengambilannya dilakukan dengan cara *white body* tersebut dipecahkan pada bagian yang terdapat bintik hitamnya, sample tersebut akan menjadi acuan pengujian SEM / EDS, untuk menentukan komposisi unsur-unsur permukaan yang terbentuk pada bintik hitam dan pembentukan *morfologi* permukaan.

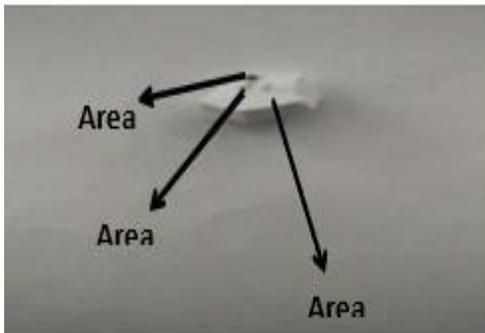


Gambar 6. Sampel uji bintik hitam pada keramik peralatan makan

Gambar 6 diatas menunjukkan bintik hitam pada white body yang menjadi sampel uji, untuk dilakukan pengujian struktur mikro SEM/ EDS.

4.4 Pengujian struktur mikro SEM / EDS

Untuk dapat mengetahui struktur morfologi dan mengetahui pembentukan unsur-unsur yang terkandung pada bintik hitam permukaan keramik peralatan makan, maka dilakukan pengujian dengan pengujian struktur mikro SEM / EDS terhadap benda uji yang telah dipersiapkan.



Gambar 7. Memperllihatkan benda yang akan dilakukan pengujian SEM/ EDS

4.5 Pengujian Struktur Mikro XRD

Untuk dapat mengetahui pembentukan fasa-fasa kristal pada struktur mikro keramik peralatan makan, maka dilakukan pengujian struktur mikro XRD, pengujian XRD dilakukan terhadap beberapa benda uji, yaitu terhadap bahan baku dan produks biskuit, adapun bahan baku yang diuji adalah bentonite, feldspar, silica, kaolin, dan biskuit.

1. Bentonite.



Gambar 8. Bentonite untuk pengujian

2. Kaolin



Gambar 9. Kaolin untuk pengujian struktur mikro XRD

Gambar 9 menunjukan sampel uji bahan baku kaolin yang akan dilakukan pengujian XRD untuk dapat diketahui senyawa-senyawa pembentuk dari kaolin itu sendiri, sehingga nantinya dari hasil pengujian ini akan mengarahkan faktor-faktor pembentuk bintik hitam itu sendiri.

3. Biskuit



Gambar 10. Biskuit untuk pengujian struktur mikro XRD

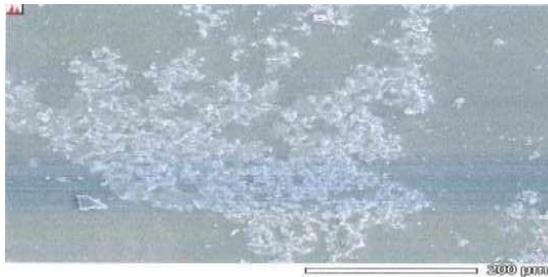
Gambar 10 menunjukan sampel uji biskuit yang akan dilakukan pengujian XRD untuk dapat diketahui senyawa-senyawa yang terbentuk dari biskuit itu sendiri, sehingga nantinya dari hasil pengujian ini akan mengarahkan faktor-faktor pembentuk bintik hitam itu sendiri.

4.6 Pengumpulan Data Hasil Pengujian



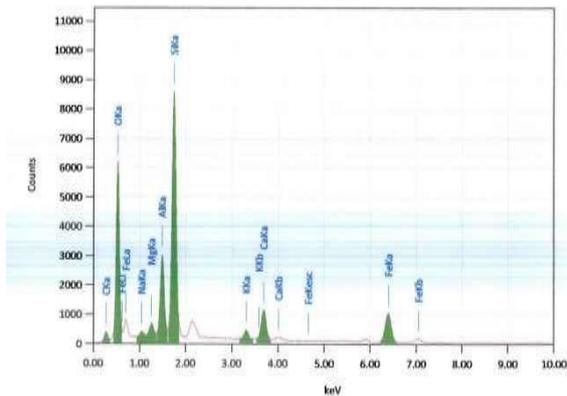
Gambar 11. Foto SEM dengan perbesaran 20.000 x menunjukkan terjadinya bintik hitam di tiga area

Gambar 11 merupakan gambar yang menunjukkan hasil foto SEM yang terjadi pada tiga titik area bintik hitam dengan perbesaran mencapai 20.000 kali.



Gambar 12. Foto SEM pada area 1

Gambar 12 adalah gambar yang menunjukkan foto SEM bintik hitam pada area 1 dengan perbesaran mencapai 20.000 kali.

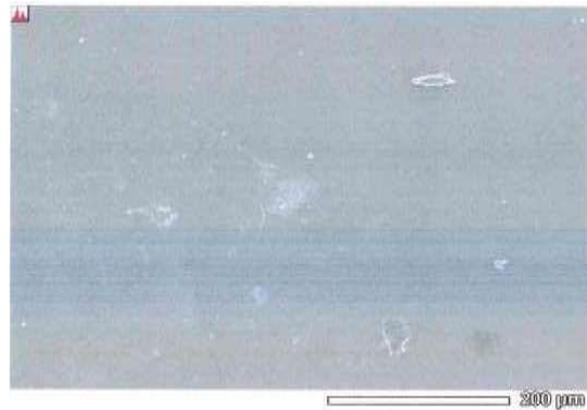


Gambar 13. Adalah gambar yang menunjukkan grafik persentase unsur-unsur pembentuk bintik hitam pada area I.

Tabel 4. Hasil EDS, menunjukkan komposisi unsur-unsur utama pembentuk keramik di area 1

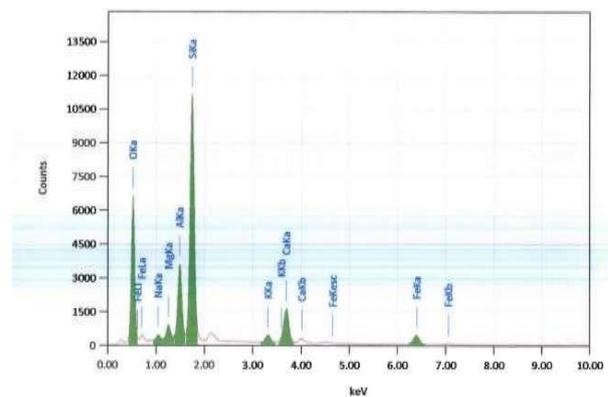
ZAF Method Standardless Quantitative Analysis						
Fitting Coefficient : 0,2482						
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass% Cation
C K	0.277	4.83	0.12	9.45		1.1021
O K	0.525	34.27	0.14	50.33		33.7167
Na K	1.041	0.61	0.16	0.62		0.4719
Mg K	1.253	1.13	0.12	1.09		0.8769
Al K	1.486	7.17	0.12	6.24		6.5013
Si K	1.739	21.82	0.13	18.25		21.9402
K K	3.312	1.58	0.21	0.95		2.0000
Ca K	3.690	6.30	0.25	3.69		8.3922
Fe K	6.398	22.29	0.73	9.37		24.9988
Total		100.00		100.00		

Tabel 4 diatas menunjukkan hasil dari pengujian EDS, berupa unsur-unsur pembentuk bintik hitam pada area I.



Gambar 14. Foto SEM pada area 2

Gambar 14 adalah gambar yang menunjukkan foto SEM bintik hitam pada area 2 dengan perbesaran mencapai 20.000 kali.



Gambar 15. Hasil EDS, menunjukkan grafik komposisi unsur-unsur utama pembentuk bintik hitam di area 2

Gambar 15 menunjukkan gambar yang menunjukkan grafik persentase unsur-unsur pembentuk bintik hitam pada area 2.

Tabel 5. Hasil EDS, menunjukkan komposisi unsur-unsur utama pembentuk keramik di area 2

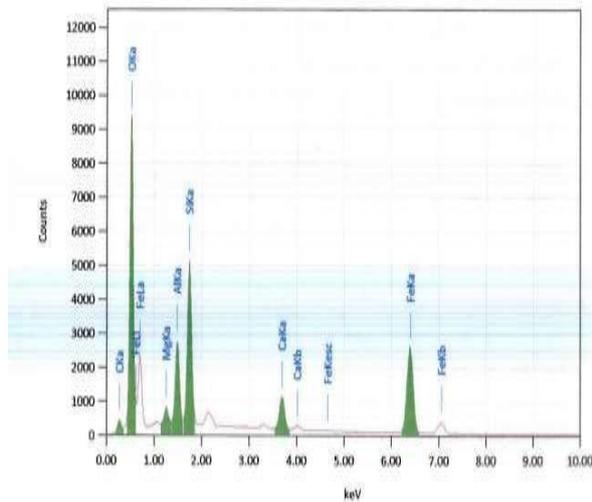
ZAF Method Standardless Quantitative Analysis						
Fitting Coefficient : 0,2318						
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass% Cation
O K	0.525	39.97	0.18	57.07		35.9742
Na K	1.041	0.70	0.17	0.69		0.6075
Mg K	1.253	1.72	0.14	1.61		1.4481
Al K	1.486	8.44	0.14	7.14		8.0725
Si K	1.739	28.50	0.15	23.18		29.2147
K K	3.312	1.84	0.26	1.08		2.2636
Ca K	3.690	9.42	0.31	5.37		12.1610
Fe K	6.398	9.41	0.89	3.85		10.2585
Total		100.00		100.00		

Tabel 5 adalah tabel yang menunjukkan hasil dari pengujian EDS, berupa unsur-unsur pembentuk bintik hitam pada area 2.



Gambar 16. Foto SEM pada area 3

Gambar 16 adalah gambar yang menunjukkan foto SEM titik hitam pada area 3 dengan perbesaran mencapai 20.000 kali.



Gambar 17. Hasil EDS, menunjukkan grafik komposisi unsur-unsur utama pembentuk titik hitam di area 3

Gambar 17 adalah gambar yang menunjukkan grafik persentase unsur-unsur pembentuk titik hitam pada area 3.

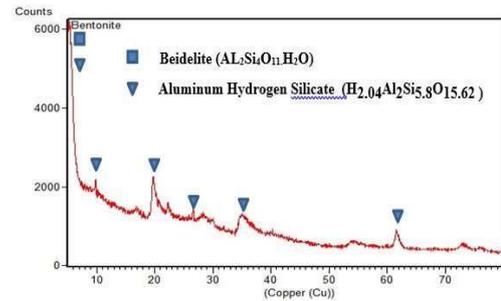
Tabel 6. Hasil EDS, menunjukkan komposisi unsur utama pembentuk keramik di area 3

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C	0.277	2.89	0.10	6.39				0.7381
O	0.525	32.21	0.11	53.52				35.8159
Mg	1.253	1.22	0.14	1.34				0.7275
Al	1.486	5.47	0.13	5.38				3.9283
Si	1.739	10.29	0.14	9.74				8.6386
Ca	3.690	4.35	0.24	2.89				5.3605
Fe	6.398	43.57	0.69	20.74				44.7911
Total		100.00		100.00				

4.7 Data Hasil Pengujian XRD

Analisis identifikasi senyawa XRD yang dilakukan menggunakan software expert data viewer dimana software ini yang akan mengolah data output yang keluar dari difraksi senyawa-senyawa sampel uji, berikut adalah urutan hasil hasil dari pengujian XRD.

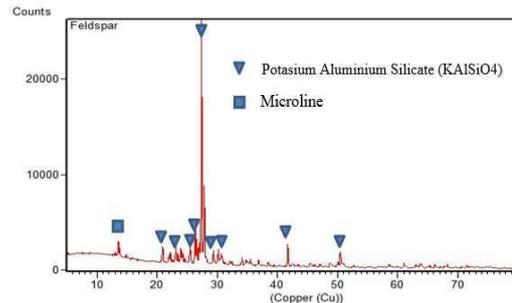
1. Pengujian XRD Bentonit



Gambar 18. Hasil XRD Bentonit

Gambar 18 adalah gambar yang menunjukkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku bentonit berdasarkan hasil pengujian XRD.

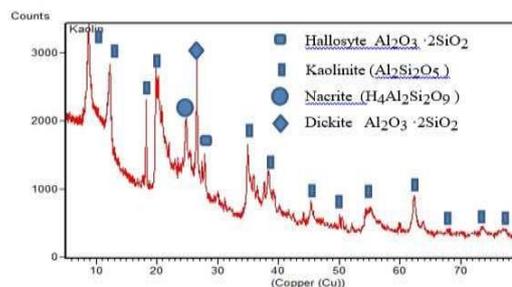
2. Pengujian XRD Feldspar



Gambar 19. Hasil XRD Feldspar

Gambar 19 adalah gambar yang menunjukkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku feldspar berdasarkan hasil pengujian XRD.

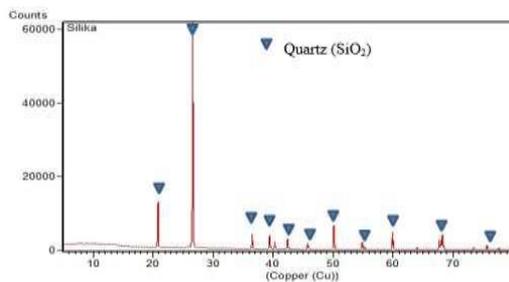
3. Pengujian XRD Kaolin



Gambar 20. Hasil XRD Kaolin

Gambar 20 adalah gambar yang menunjukkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku kaolin berdasarkan hasil pengujian XRD.

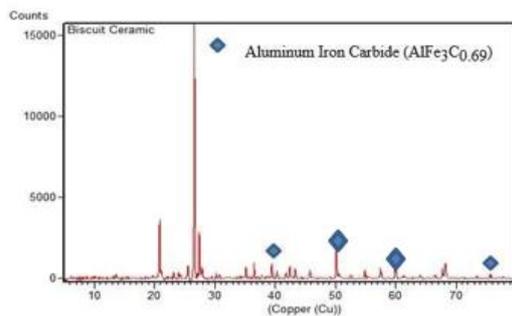
4. Pengujian XRD Silica



Gambar 21. Hasil XRD Silica

Gambar 21 adalah gambar yang menunjukkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku silica berdasarkan hasil pengujian XRD.

5. Pengujian XRD Biskuit



Gambar 22. Hasil XRD Biskuit Keramik

Gambar 22 adalah gambar yang menunjukkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku biskuit berdasarkan hasil pengujian XRD.

4.8 Pembahasan

Potongan keramik bintik hitam pada hasil SEM di bagian permukaan yang terdapat bintik hitam, menunjukkan dengan jelas tiga titik area bintik hitam, dari ketiga titik area secara keseluruhan bentuk inti permukaannya berbentuk segitiga pada area pertama inti dari morfologi permukaannya berbentuk segitiga, bentuk topografi permukaannya rata dengan bahan keramik itu sendiri, posisi terbentuknya pada lapisan *glazur* dengan warna yang begitu pekat dan berkilau, bentuk warna yang pekat dipengaruhi komposisi unsur pembentuknya, sedangkan untuk area kedua inti dari morfologi permukaannya berbentuk

segitiga juga dengan dimensi yang relative lebih kecil dari area pertama. Sama halnya dengan area pertama, letak dari topografi permukaannya pun rata dengan bahan keramik itu sendiri, terletak pada lapisan *glazur*, dengan warna yang tidak begitu pekat, sedang untuk area ketiga bentuk dari inti permukaannya berbentuk segitiga dengan ukuran yang relative lebih kecil dari area pertama dan kedua begitupun dengan kepekatan warnanya begitu pekat, tidak jauh beda seperti area pertama, letak topografi permukaannya pun rata dengan bahan keramik itu sendiri, terletak pada lapisan *glazur*.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Mayoritas cacat pada keramik peralatan makan di PT indoporcelain disebabkan oleh munculnya bintik hitam. Dari hasil pengujian SEM/ EDS diketahui bahwa bintik hitam didominasi oleh unsur Fe. Semakin banyak kandungan Fe yang membentuk bintik hitam, maka semakin pekat warna dari bintik hitam tersebut. Berdasarkan hasil pengujian XRD dapat diketahui bahwa bahan baku utama tidak terindikasi mengandung senyawa-senyawa Fe, tetapi dalam hasil akhir biskuit sudah ditemukan adanya senyawa Fe. Hasil FTA menunjukkan bahwa cacat bintik hitam pada permukaan keramik peralatan makan disebabkan oleh faktor proses produksi, dengan kemungkinan muncul pada saat proses pembentukan. Hasil verifikasi mengkonfirmasi bahwa proses pembentukan menghasilkan cacat bintik hitam, yaitu dari kotoran mesin (logam Fe) yang terbawa dari area pengering dan mesin *jigger*.

5.2 Saran

Kedepannya diperlukan adanya penelitian untuk bisa menurunkan bahkan mungkin menghilangkan unsur Fe dalam proses-proses produksi dari mulai material maupun proses. Hendaknya harus dilakukan proses pembersihan seluruh sarana produksi secara berkala. Harus dilakukan penelitian kembali tentang kemungkinan adanya penambahan zat-zat tertentu untuk bisa menghilangkan bintik hitam tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munsir, Triwikantoro, M. Zainuri, Darminto.,” UJI XRD DAN XRF PADA BAHAN MENERAL (BATUAN DAN PASIR) SEBAGAI SUMBER MATERIAL CERDAS (CaCO₃ DAN SiO₂)”, Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA), Vol 2 No 1, Juni 2012.
- [2] H.H. Chie, J. Nasution, K. G. Ayu, N. Septivani, Y.Renaldy. “*Porcelain Product Quality Analysis In PT XYZ*”, Comtech Vol 6, Jakarta, 2015.
- [3] K. Othmer. “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, Willey, America, 2005.
- [4] M. Supeno. “*Bentonite Terpilar dan Aplikasi*. USU Press”, Medan, 2009.
- [5] WE Worrall. “*Clay and Ceramic Raw Material*”, Elseiver Applied Science, New York, 1986.