

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan hasil kajian pustaka secara induktif dan deduktif. Kajian induktif merupakan telaah pustaka yang diperoleh dari artikel dalam berbagai jurnal. Telaah pustaka induktif diperlukan untuk memberikan peta penelitian terdahulu. Sehingga dengan demikian dapat dijamin tidak terjadi pengulangan penelitian yang sifatnya plagiat. Sehingga kajian yang akan dilakukan memiliki kebaruan (*novelty*) atau *state of the art*. Sedangkan kajian deduktif adalah telaah pustaka terhadap teori-teori dasar terkait dengan kajian yang akan dilakukan.

2.1 Kajian Induktif

Pengujian kualitas produk sangat diperlukan untuk menjamin kepercayaan konsumen. Jika produk dinilai buruk maka loyalitas konsumen akan menurun, dan memberikan dampak pada performansi perusahaan. Oleh karena itu, menjaga kualitas produk mejadi sebuah keharusan bagi Perusahaan sehingga selalu tetap mendapat kepercayaan dari konsumen.

Produk-produk gerabah yang sangat banyak diproduksi oleh masyarakat atau perusahaan kecil dan menengah sangat menarik untuk diteliti. Hal ini disebabkan meningkatnya produksi dan jenis-jenis produk itu sangat menarik untuk dipakai. Produk gerabah memiliki nilai seni dan budaya di suatu daerah.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh M.A. Abuh, M.Sc et al. (2014) yang meneliti tentang kualitas tanah liat di wilayah Adiabo, Calabar Municipal, Nigeria bagian selatan. Pada penelitian tersebut memberikan kontribusi tentang sumber *raw material* tanah liat yang ada di wilayah Nigeria. Hal ini sebagai respon dari semakin meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk gerabah. Pada penelitian tersebut menggunakan metode analisis kimia, uji bakar, uji elastisitas, uji kuat, *linear shrinkage*, *pressing moisture*, *water absorption*, *sieve analysis*, *LOI*, *swelling index test*. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa tanah liat di wilayah Adiabo layak jika digunakan sebagai *raw material* industri keramik dan industri konstruksi bahan bangunan. Hal tersebut karena kualitas tanah liat memiliki *strength* dan *plasticity* yang cukup bagus. Pada penelitian tersebut peneliti menyampaikan *future research* yaitu kemandirian tanah liat sebagai anti toksin.

Penelitian oleh D. Dodoo-Arhin et al. (2013) bertujuan untuk meneliti kualitas lumpur merah dan tanah liat di wilayah negara Ghana yang bisa diaplikasikan untuk industri bata keramik konstruksi. Yang menjadi penelitian adalah *red mud* (lumpur merah) dari wilayah Awaso dan *clay* (tanah liat) dari wilayah Tetegbu. Karakteristik material diteliti dengan *X-ray diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*, *x-ray fluorescence spectroscopy (XRF)* and *Thermal analysis (Tg/DTA)*. Dilakukan proses *sintering* pada suhu yang bervariasi yaitu 800°C, 950°C, and 1100°C pada produk yang kemudian dilakukan uji karakteristik. Pada penelitian tersebut hasil eksperimen menunjukkan bahwa pembakaran keramik dari *raw material* lumpur merah-tanah liat menghasilkan mekanikal properti terbaik. *Porositas*, kekuatan mekanik dan *densitas* mengalami peningkatan ketika suhu pembakaran semakin tinggi. Dari hasil eksperimen juga disimpulkan bahwa komposisi terbaik untuk pembuatan sampel bata/keramik adalah *red mud* (lumpur merah) : *clay* (tanah liat) sebesar 50 % : 50 % atau pada kondisi kedua dengan 20-30% *clay* (tanah liat).

Kemudian pada penelitian selanjutnya dilakukan oleh Bariş Semiz (2016) yang berfokus pada penelitian kualitas tanah liat di Denizli untuk industri keramik tradisional. Ada 5 macam sampel tanah liat yang diambil dari 3 lokasi berbeda dari wilayah Denizli yaitu *Kamara clay (TR1)*, *Pamukkale clays (TR2)*, *Baskarcı clay (TR3)*, *The Doğan clay (TR4)*, *Gazveliler clay (TR5)*. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa hasil kesesuaian kualitas tanah liat dari Denizli untuk aplikasi pembuatan keramik. Untuk

menentukan kualitas dengan meneliti karakteristik material tanah liat yang meliputi sifat fisik, mineral, kimia dan thermal. Sampel tanah liat yang akan dieksperimenkan di oven pada suhu 65 °C selama 24 jam. Kemudian dilakukan analisis *chemical (X-ray fluorescence, XRF)*, *mineralogical (X-ray diffraction, XRD)*, dan *thermal (Differential Thermal Analyser - Thermogravimetry, DTA-TG)*. Pada kesimpulan hasil eksperimen tidak ditemukan beberapa kandungan mineral carbonate dalam tanah liat seperti SiO₂, Al₂O₃ and Fe₂O₃. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kualitas tanah liat memiliki plastisitas tinggi. Dari kelima sampel tanah liat tersebut, TR3 cukup layak untuk produksi keramik sedangkan TR2 perlu tambahan tanah liat plastis agar kualitas lebih bagus. Adapun 3 sampel yang lain yaitu TR1, TR4, TR5 kualitasnya tidak layak untuk produksi keramik.

Penelitian oleh Salah Mahmoudi et al. (2016) bertujuan untuk meneliti tingkat ketebalan sedimen tanah liat tertinggi untuk diaplikasikan dalam pembuatan gerabah, ubin, batu bata dan genteng. Kontribusi utama penelitian ini adalah karakterisasi dan penilaian potensi penggunaan deposit tanah liat di wilayah Gabes Tunisia bagina selatan untuk industri keramik yang akan mendorong pengusaha untuk berinvestasi di wilayah ini. Penelitian ini berfokus pada tes mineralogi, kimia, fisik, dan geoteknik dengan melakukan uji *bending*, *casagrande method*, uji pengukuran penyerapan air, uji *atomic absorption spectroscopy*. Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian tersebut adalah semua tanah liat sedimen, fraksi halus didominasi oleh ilit (63-75%) dan sedang komponen kaolinit (15-25%) Komposisi kimia membuktikan bahwa lempung ini bersifat silika dan alumni. Dan juga bahan baku ini mengandung mineral tanah liat seperti ilit, kaolinit atau klorit dan tidak memiliki mineral tanah liat yang banyak seperti *smectite* dan *vermiculite*, yang mana penggunaan lempung ini cocok pada industri keramik. Pengukuran plastisitas menunjukkan bahwa lempung ini memiliki moderat derajat plastisitas dan dapat beradaptasi dengan pengeringan yang cepat sehingga bisa digunakan dalam tembikar dan batu bata. Hasil pengujian menunjukkan sifat tanah liat yang cocok untuk aplikasi dalam produksi batu bata dan genteng.

Penelitian oleh Ahmed Manni et al. (2017) tentang inovasi dalam kombinasi komposisi material untuk mengurangi penggunaan *feldspar*. Penelitian tersebut bertujuan untuk menentukan kombinasi baru antara 2 macam tanah liat di Maroko (C1 dan C2) dengan pasir silika untuk mengurangi penggunaan *feldspar*. Kontribusi penelitian ini

adalah untuk mengetahui kombinasi bahan baku lokal yang optimal (tanah liat dan pasir silika) untuk mengurangi penggunaan *feldspars* sehingga mengurangi biaya produksi pembuatan keramik. Karakterisasi bahan baku diuji dengan analisis *granulometrik*, XRF, BET, CEC, PI, uji *porositas*, *densitas*, penyusutan, *konduktivitas termal*, kekuatan lentur. Karakteristik keramik baru ini lebih baik dibandingkan dengan dengan formulasi konvensional. Diperoleh hasil keramik menunjukkan karakteristik sebagai berikut: *porositas* (11,65%); kepadatan (2,71 g / cm³); penyusutan (4,91%); kekuatan lentur (30,05 N mm⁻²) dan *konduktivitas termal* (2,73 W / mK). Hasil penelitian ini memungkinkan pengurangan jumlah *feldspar* yang digunakan sehingga mengurangi biaya dalam produksi keramik.

Penelitian selanjutnya oleh Baghdad Abdelmalek et al. (2016) yang meneliti tentang kandungan mineral tanah liat Neogene di wilayah Algeria-Afrika untuk kepentingan pembuatan keramik. Tanah liat diambil dari empat lokasi di wilayah Jijel Algeria yang kemudian dipelajari tentang mineralogi dan karakterisasi fisiko-kimia untuk mengevaluasi kesesuaian potensial tanah liat tersebut sebagai bahan baku dalam aplikasi keramik. Difraksi sinar-X (XRD) dan *spektrometer Fourier Transform-Infrared* (FT-IR) digunakan untuk menentukan komposisi mineralogi, sedangkan sifat kimia dan fisika tanah liat diujikan dengan metode XRF. Dari hasil pengujian didapatkan kandungan mineral tanah liat di semua sampel, menunjukkan hasil bahwa kaolinit dan ilit menjadi kandungan yang dominan. Komposisi kimia menunjukkan bahwa SiO₂ (42-54%), Al₂O₃ (12- 19%) dan CaO (2-17%) adalah unsur utama sedangkan Fe₂O₃ kurang melimpah (4-8%). Klasifikasi lempung menggunakan *diagram terner* menunjukkan bahwa tanah liat cocok penggunaannya dalam produksi ubin dan batu bata.

Kemudian penelitian selanjutnya tentang hubungan antara perilaku *thermal* dari tanah liat dengan komposisi mineral dan kimianya (Chee Lung Chin et al., 2017). Penelitian tersebut mengambil sampel tanah liat di Malaysia tepatnya di wilayah Ipoh, Kuala Rompin dan Mersing. Analisis kimia dan mineralogi dilakukan pada sampel menggunakan *X-ray fluoresensi* (XRF) dan difraksi sinar-X (XRD). Kualitas tanah liat di wilayah Ipoh, Kuala Romping dan Mersing dianggap memiliki kesesuaian yang standar untuk pembuatan produk keramik seperti ubin berdasarkan hasil uji komposisi kimia, mineralogi densifikasi dan perilaku *thermal*.

Penelitian selanjutnya oleh Mucahit Sutcu et al. (2016) yang melakukan penelitian untuk mengetahui kondisi paling optimal dari beberapa faktor yang berpengaruh dalam produksi batu bata. Kontribusi penelitian ini adalah memberi pengetahuan tentang penggunaan limbah gilingan zaitun sebagai pori yang membentuk aditif di tanah liat bahan baku batu bata dan pengaruhnya terhadap sifat fisik, sifat mekanik dan *thermal* pada batu bata yang berbahan dasar tanah liat. Dalam penelitian ini menggunakan desain eksperimen metode *Taguchi*, *X-ray diffraction (XRD) spectrometer*, *scanning electron microscopy (SEM) analysis*, *thermo-gravimetric analysis (TGA)* dan *X-ray fluorescence (XRF)*. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan yaitu pengaruh faktor (penambahan limbah gilingan zaitun dan suhu pembakaran) terhadap konduktivitas termal dan kuat tekan batu bata yang dibakar dipelajari dengan menggunakan rancangan metode eksperimen *Taguchi*. Dengan menggunakan pendekatan ini, kekuatan tekan maksimum dicapai pada suhu pembakaran sekitar 1050 °C tanpa penambahan limbah gilingan zaitun. Sebaliknya, nilai *konduktivitas thermal* terendah diperoleh saat batu bata yang mengandung 10% berat limbah gilingan zaitun yang dibakar pada suhu 950 °C.

Penelitian oleh Abdul Kadir et al. (2012) tentang mengetahui pengaruh pemberian puntung rokok pada material tanah liat dalam proses produksi batu bata terhadap kekuatan tekan dan *porositas* batu bata tersebut. Kontribusi penelitian ini adalah memberikan pengetahuan tentang sifat mekanik fisik dan struktur mikro analisis tentang efek menggabungkan bekas puntung rokok dalam batu bata tanah liat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *flexural strength*, *density*, *compressive strength*, *environmental scanning electron microscope (ESEM)* dan *water absorption and initial rate of absorption*. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semua sifat fisik dan mekanik property dari batu bata sesuai dengan standar Australia (AS / NZS 3700: 2001) kecuali untuk *compressive strength*. Meskipun ada pengurangan nilai kekuatan, batu bata buatan masih bisa digunakan untuk non-load bearing dan load bearing menurut AS / NZS 4455.1 (2008) (AS / NZS 4455: 1: 2008). Selanjutnya, efek *mixing time* pada semua sifat yang diukur ternyata signifikan. Dari hasil yang didapatkan, bahwa waktu pencampuran lebih lama sangat meningkatkan sebagian besar properti. Elektron gambar mikrograf dihasilkan dari ESEM analisis juga menegaskan bahwa dengan waktu pencampuran yang lebih lama, kenaikan pori-pori menjadi lebih kecil dan campurannya menjadi lebih homogen.

Kemudian pada penelitian selanjutnya dilakukan oleh Deng-Fong Lin et al. (2016) yang berfokus pada objek penelitian menggunakan limbah pasir pengecoran (WFS) untuk memproduksi sumber daya reklamasi ubin dan untuk mengetahui efek suhu *kiln* (pembakaran) yang berbeda pada properti dari ubin WFS reklamasi. Dalam penelitian ini, tanah liat diganti dengan 15% limbah pasir pengecoran (WFS) untuk menghasilkan *spesimen* genteng reklamasi. Selanjutnya, *spesimen* genteng ini dibakar di berbagai *kiln* dengan suhu berbeda untuk mempelajari sifat rekayasa tersebut. Hasil penelitian ini bisa memberikan informasi yang baik untuk bahan konstruksi manufaktur. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah *weight loss on ignition, bending strength, water absorption, shrinkage, acid-alkali resistance tests* sesuai standard *Chinese National Standard (CNS) 9737-R1018*, kemudian metode *scanning electron microscope (SEM)* dan *X-ray analysis*. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan limbah pasir pengecoran (WFS) berpengaruh pada penurunan suhu *kiln* pembakaran sebesar 50 °C sehingga berdampak pada *reduce cost* dan energi. Kemudian hasil penelitian berikutnya menunjukkan bahwa penggantian suhu *kiln* pembakaran dan WFS mempengaruhi ketahanan asam-alkali dari ubin. Penambahan suhu *kiln* pembakaran berdampak pada meningkatnya kekuatan *strength* dan *water absorption* dari genteng.

Kemudian pada penelitian selanjutnya dilakukan oleh A. Bennour et al. (2017) yang berfokus mempelajari sifat tiga lempung yang dikumpulkan dari lokasi yang berbeda di Tunisia. Penelitian tersebut bertujuan untuk mempelajari sifat lempung melalui komposisi kimia dan mineralogi, plastisitas, luas permukaan spesifik, kapasitas pertukaran *kation, via dilatometri* dan *spektroskopi inframerah* dengan menggunakan metode *X-ray diffraction (XRD)*. Penelitian ini memiliki kontribusi utama untuk memberikan pengetahuan yang baru tentang karakteristik tanah liat di wilayah Tunisia dan memberikan pengetahuan tentang kualitas tanah liat yang baik untuk digunakan untuk industri keramik. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas tanah liat ClayMed (Permo–Triassic), ClayHorb (Jurassic) di wilayah Tunisia cocok digunakan untuk industri keramik.

Penelitian selanjutnya oleh Baghdad Brahim Mazhoud et al. (2017) yang meneliti tentang mengembangkan material *low carbon footprint* baru dengan menggunakan rami dan tanah liat. Penelitian ini memberikan kontribusi untuk mengganti pengikat berbasis kapur dengan tanah liat alami dengan proporsi campuran biasa digunakan untuk beton

seperti lantai, dinding dan atap. Penelitian ini menggunakan metode *elastic modulus*, *compressive strength* dan *tensile strength*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kekuatan mekanik turun dengan penurunan *densitas*, tapi *daktilitasnya* meningkat, yang bisa menyebabkan permukaan dinding dan mengurangi terjadinya retak.

Dari beberapa review penelitian terdahulu yang diperoleh dari beberapa paper yang terindeks di *publisher online database* seperti *Elsevier* (www.sciencedirect.com), *Emerald* (www.emeraldinsight.com) dan *Springer* (www.springerlink.com), maka dapat dirangkum seperti pada tabel 2.1 di bawah ini

Tabel 2. 1 Sumber *Paper*

No	Sumber	Jumlah	Presentase
1.	<i>Elsevier</i> (www.sciencedirect.com)	7	59 %
2.	<i>Emerald</i> (www.emeraldinsight.com)	1	8 %
3.	<i>Springer</i> (www.springerlink.com)	2	17 %
4.	<i>The Pacific Journal of Science and Technology</i>	1	8 %
5.	<i>American Journal of Materials Science</i>	1	8 %
TOTAL		12	100 %

Dari 12 *paper* yang telah direview sebelumnya, umumnya pengujian sifat atau kualitas tanah liat sebagai bahan baku dasar pembuatan keramik dan produk gerabah belum ada yang menggunakan desain eksperimen metode *Taguchi* Multi Respon. Hanya ada satu penelitian yang menerapkan desain eksperimen dengan metode *Taguchi*, namun untuk menguji kualitas tanah liat untuk produk batu bata tetapi tidak menggunakan metode *Taguchi* Multi Respon. Sehingga kebaharuan dari penelitian ini adalah melakukan pengujian kualitas produk gerabah dengan menerapkan desain eksperimen metode *Taguchi* Multi Respon.

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Kualitas

Pengertian Kualitas (Vincent Gaspersz, 2011) adalah apabila produk atau jasa dapat memenuhi kebutuhan konsumen (*meeting the needs of customers*). Produk atau jasa memiliki keistimewaan, baik berupa keistimewaan langsung atau keistimewaan atraktif yang dapat memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan sehingga pada akhirnya konsumen mendapatkan kepuasan atas penggunaan produk tersebut. Produk memiliki kualitas baik apabila terbebas dari cacat atau kekurangan.

Sistem kualitas modern memiliki ciri-ciri adalah sebagai berikut :

- a) Selalu memiliki orientasi akhir kepada pelanggan.
- b) Semua pihak terlibat aktif dalam proses peningkatan kualitas yang dilakukan secara terus menerus.
- c) Masing-masing pihak memiliki tanggung jawab spesifik untuk menjaga dan meningkatkan kualitas.
- d) Aktifitas yang dilakukan tidak hanya sebatas mendeteksi kerusakan atau cacat, melainkan juga mencegah dan memperbaiki kerusakan atau cacat yang ada.
- e) Perusahaan memiliki kebudayaan yang selalu mengedepankan kualitas dalam produk mereka sehingga menjadi *way of life* perusahaan.

Kualitas didefinisikan sebagai tingkat suatu produk dapat memuaskan keinginan dari pemakainya (*fitness for use*). Oleh karena itu, kualitas menjadi pertimbangan pertama bagi konsumen dalam memperoleh suatu produk. Dalam strategi bisnis, kualitas menjadi sangat penting dengan alasan sebagai berikut : (Purnomo, 2004 : 241- 242).

- a) Konsumen akan selalu memiliki orientasi terhadap kualitas.
- b) Kemampuan dari sebuah produk atau jasa.
- c) Tekanan biaya pada bahan baku, tenaga kerja dan energi meningkat.
- d) Berbagai perusahaan saling bersaing dalam merebut pasar.

Untuk sebuah produk dimensi kualitas menurut (Garvin 1996), (Montgomery 1998) meliputi 8 aspek, antara lain sebagai berikut :

- a) *Performance* (unjuk kerja) yaitu apabila produk tersebut memiliki fungsi yang sesuai dengan karakteristiknya.

- b) *Feature* (keistimewaan spesial/*fitur*) yaitu produk dapat menarik minat konsumen dikarenakan ciri khas yang membedakan dengan produk pesaing.
- c) *Reliability* (keterandalan) yaitu apabila konsumen memiliki kepercayaan terhadap kualitas produk.
- d) *Conformance* (kesesuaian) yaitu apabila produk memiliki standar tertentu sesuai pada umumnya.
- e) *Durability* (usia pakai) yaitu berapa lama usia pakai produk.
- f) *Serviceability* (kemampulayanan) yaitu produk mudah diperoleh dan mudah untuk diperbaiki jika mengalami kerusakan.
- g) *Aesthetic* (keindahan) yaitu produk memiliki keunikan yang dapat menarik perhatian konsumen.
- h) *Perception* (persepsi) yaitu apabila produk memiliki positioning yang baik di pasaran.

2.2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas tidak hanya terkait tentang kegiatan mendeteksi kerusakan melainkan juga kegiatan dengan tujuan mencegah kerusakan (Gasperz, 2005:4). Sedangkan menurut Sofjan Assauri (2008:210), pengendalian kualitas bertujuan untuk menjaga kualitas produk tetap sesuai dengan standar yang diharapkan. Sofjan Assauri (2008:210) mendefinisikan tujuan pengendalian kualitas adalah sebagai berikut :

- a) Produk dapat memiliki kualitas sesuai dengan standar.
- b) Mengurangi biaya inspeksi, biaya desain produk dan biaya dalam proses produksi produk, dengan harapan dapat serendah mungkin.

Maka dari itu dapat didefinisikan bahwa tujuan utama dari pengendalian kualitas adalah menetapkan kualitas produk sesuai dengan standar yang diharapkan dengan biaya seminimal mungkin.

Pengendalian kualitas dapat terbagi menjadi 2 macam, yaitu pengendalian kualitas *offline* dan pengendalian kualitas *online*. Pengendalian Kualitas *offline* dimulai dari mendesain produk sampai dengan proses produksi berlangsung. Keegiatannya antara lain sebagai berikut :

- a) Identifikasi kebutuhan dan harapan konsumen.

- b) Mendesain produk yang sesuai kebutuhan konsumen.
- c) Mendesain produk secara konsisten dan secara ekonomi menguntungkan.
- d) Membuat standard dan prosedur dengan jelas dan spesifik.

Adapun pengendalian kualitas *online* yaitu ketika proses produksi sedang berlangsung. Tujuan pengendalian kualitas *online* adalah agar kualitas produk yang dihasilkan bisa konsisten dan mengurangi variasi antar produk yang dihasilkan. Pengendalian kualitas statistik merupakan metode pengendalian kualitas *online* yang tidak memperhatikan pada desain, tetapi pada perbaikan standar pengendalian mutu produk atau proses.

Menurut Roger G. Schroeder (2000:135), langkah-langkah dalam menerapkan perencanaan, pengendalian dan pengembangan kualitas adalah sebagai berikut:

- a) Menentukan karakteristik dari kualitas.
- b) Menentukan cara mengukur setiap karakteristik kualitas.
- c) Menetapkan standar kualitas yang diinginkan.
- d) Menentukan pengujian yang tepat untuk tiap-tiap standar.
- e) Mendeteksi dan memperbaiki kecacatan produk.
- f) Melakukan perbaikan secara kontinyu.

Kemudian ada beberapa faktor-faktor pengendalian kualitas menurut Sofjan Assauri (2008:302), antara lain sebagai berikut:

- a) Kemampuan proses
Standar yang ingin dicapai harus mempertimbangkan kemampuan proses yang ada.
- b) Spesifikasi yang berlaku
Produk yang dihasilkan harus memiliki spesifikasi yang dapat berlaku.
- c) Toleransi tingkat kecacatan
Adanya dilakukan pengendalian proses adalah untuk mengurangi tingkat kualitas produk yang di bawah standar.
- d) Biaya kualitas
Proses pengendalian kualitas tentunya membutuhkan biaya yang sebanding dengan standar kualitas yang diharapkan.
 - Biaya Pencegahan (*Prevention Cost*)

Biaya yang timbul karena kegiatan mencegah terjadinya kecacatan produk yang dihasilkan, meliputi biaya dalam merancang dan memelihara sistem kualitas.

- Biaya Deteksi/Penilaian (*Detection/Appraisal Cost*)
Biaya untuk melakukan inspeksi terhadap produk, apakah produk tersebut sesuai standar atau tidak.
- Biaya Kegagalan Internal (*Internal Failure Cost*)
Biaya karena kecacatan produk yang terdeteksi sebelum produk sampai ke tangan konsumen.
- Biaya Kegagalan Eksternal (*Eksternal Failure Cost*)
- Biaya karena kecacatan produk yang terdeteksi setelah produk sampai ke tangan konsumen.

2.2.3 Metode *Taguchi*

Seorang ilmuwan Jepang Dr. Genichi Taguchi mencetuskan Metode *Taguchi* yang menerapkan desain kualitas kedalam produk dan semua proses yang berhubungan. Di dalam metode *Taguchi*, untuk mengukur kualitas didasarkan pada deviasi dari karakteristik kualitas terhadap nilai target yang akan dicapai (Mitra, 1998). Dalam proses pengendalian kualitas terbagi menjadi 2 (dua) teknik (Douglas C. Montgomery, 2001:15), yaitu:

- a) *Inspection*/Pemeriksaan
- b) *Statistical Quality Control*/SQC

Metode *Taguchi* termasuk metode pengendalian kualitas yang tergolong kedalam *statistical quality control*. 3 konsep yang sederhana dan mendasar Metode *Taguchi* yaitu:

- a) Pengendalian kualitas mulai dari proses mendesain produk, tidak hanya saat melakukan inspeksi.
- b) Kualitas yang baik adalah yang memiliki nilai deviasi yang kecil dari target. Dan mendesain *robust* produk terhadap faktor lingkungan yang tidak bisa dikontrol.
- c) Mengukur biaya kualitas sebagai fungsi deviasi dari suatu standar dan mengukur biaya kerugian yang mungkin ditimbulkan.

Ada 2 pendekatan dalam Metode *Taguchi* yaitu *online quality control* dan *offline quality control*. Apabila pengendalian kualitas dilakukan saat proses produksi sedang berlangsung, maka disebut *online quality control*. Pengendalian kualitas *online quality control* menggunakan metode *statistical quality control* dilakukan saat produk telah selesai diproses, dan kemudian perbaikan kualitas dilakukan jika hasil akhir produk tidak sesuai dengan spesifikasi standar. Sedangkan *offline quality control* dilakukan sejak awal produk mulai didesain. Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas sebuah produk, ada 3 (tiga) tahapan yang disebut dengan metode *Taguchi* (Belavendram, 1995), yaitu:

a) Desain sistem (*system design/primary design*).

Desain sistem merupakan tahap penentuan kebutuhan akan suatu fungsi dan unjuk kerja suatu produk yang harus diterjemahkan lebih lanjut ke dalam bahasa teknis sebagai faktor-faktor yang diperlukan untuk mencapai fungsi dan unjuk kerja yang diinginkan (target). Pada tahap ini digunakan pustaka, referensi ilmiah, ide-ide atau pengalaman yang pernah ada yang akan sebagai dasar dalam menentukan variabel respon, karakteristik kualitas dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, baik berupa faktor kendali maupun faktor *noise*. Faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas (variabel respon) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Faktor kendali (*Control factors*) yaitu suatu parameter yang dapat dikendalikan oleh perancang dengan memilih level-level faktor yang optimal agar dapat dihasilkan nilai karakteristik mutu yang dependen terhadap faktor *noise*.
2. Faktor *noise* (*Noise factors*) yaitu sebuah parameter yang dapat menyebabkan terjadinya penyimpangan nilai karakteristik mutu dari nilai target. Faktor *noise* juga disebut sebagai faktor gangguan atau uncontrollable factors yang mempengaruhi karakteristik mutu (respon) yang sulit atau tidak bisa dikendalikan.
3. Faktor *signal* (*Signal factors*) yaitu suatu faktor yang menjadi input terhadap perubahan nilai dari karakteristik mutu (respon). Jika terdapat faktor-faktor yang dapat mengatur target kinerja, misalnya pengaturan potensio meter untuk menaik turunkan tegangan pada adaptor tegangan, faktor ini disebut faktor sinyal.
4. Faktor *skaling* (*Scaling factors*) yaitu suatu faktor yang digunakan untuk mendapatkan hubungan fungsional yang dibutuhkan antara faktor signal

dengan karakteristik mutu. Faktor skaling disebut juga dengan faktor penyesuaian. Jika terdapat faktor-faktor yang dapat dipakai untuk mengatur mutu rata-rata menuju ke nilai target, faktor tersebut disebut faktor skaling.

b) Desain parameter (*parameter design/secondary design*).

Pada tahap ini akan dilakukan eksperimen sehingga akan didapatkan setting kombinasi level optimal dari faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya.

c) Desain toleransi (*tolerance design/tertiary design*).

Perancangan toleransi adalah tahap penentuan rentang disekitar “optimal level” untuk mencari keseimbangan kerugian (*loss*) antara pembuat (produsen) dan pemakai (konsumen) produk tersebut. Tahap ini dilakukan setelah mengoptimalkan desain atau rancangan parameter, dengan melibatkan pertimbangan finansial agar diperoleh rancangan terbaik yang tidak hanya efektif tetapi juga ekonomis. Pada tahap ini, *Taguchi* menyarankan untuk menggunakan fungsi kerugian (*loss function*) kuadratik (QLF) untuk mengukur sebaran dalam satuan finansial. Secara konsep QLF mendorong untuk selalu melakukan perbaikan terus - menerus (*continuous improvemet*), karena ekspektasi fungsi tersebut adalah penjumlahan *variansi* dan kuadrat bias. Perancangan toleransi ini berkaitan erat dengan tahap produksi.

Dalam setting kombinasi percobaan konvensional, semua faktor dianggap sebagai penyebab variasi kualitas produk yang dihasilkan. Kualitas dapat ditingkatkan jika faktor-faktor tersebut dikendalikan atau dihilangkan karena variasi dapat dikurangi. Dalam metode *Taguchi* faktor desain dan pengembangan kualitas produk atau proses dikembangkan ke dalam dua kelompok, yaitu faktor kendali dan faktor *noise*. Faktor kendali merupakan faktor yang dapat dikendalikan oleh produsen selama dalam tahap desain produk atau proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Adapun faktor *noise* yaitu faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen, dikarenakan beberapa alasan, termasuk biaya. *Taguchi* mengidentifikasi tiga jenis *noise* yaitu (Belavendram, 1995):

a) *External Noise*

Berhubungan dengan kondisi lingkungan atau kondisi yang mempengaruhi fungsi ideal dari produk. Misal: cuaca, kelembaban, temperatur ruang, debu, daya listrik dan sebagainya.

b) *Internal Noise*

Berhubungan dengan faktor yang dapat menyebabkan produk menjadi aus sehingga tidak mencapai target. Sebagai contoh produk menjadi aus karena usia pakainya meningkat.

c) *Unit to Unit Noise (variational noise)*

Penyebab variasi antar produk walaupun dibuat dengan proses dan spesifikasi yang sama.

2.2.4 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Ukuran kualitas (kinerja produk) berdasarkan pendekatan “*on target with the smallest variation*” dapat diperoleh dengan mengarahkan kualitas rerata (*average*) produk menunjuk nilai nominal (target) dan mereduksi variasi atau mereduksi noise. Kedua aspek persoalan ini dapat dirangkum menjadi satu dengan menggunakan apa yang disebut dalam bidang komunikasi elektronika sebagai nisbah sinyal terhadap *noise (signal to noise ratio, SNR)*.

Taguchi menggunakan istilah *signal to noise ratio (SNR)* untuk mengukur kepekaan karakteristik kualitas yang sedang diteliti dalam kondisi pengendalian terhadap pengaruh *faktor noise (noise factors)* yang tidak mampu dikendalikan. *Signal to noise ratio* bertindak sebagai indikator kualitas (ukuran performansi) selama proses perancangan untuk mengevaluasi akibat perubahan suatu perancangan parameter tertentu terhadap unjuk kerja. Ada 3 jenis S/N rasio, yaitu:

a) *Smaller the better (STB)*

Karakteristik kualitas apabila nilai semakin rendah, maka kualitas akan semakin baik. Namun nilai S/N Ratio yang terbesar merupakan yang terbaik dalam penentuan level faktor optimal (Belavendram, 1995). Nilai S/N Ratio karakteristik STB didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$S/N_{STB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

b) *Larger the better* (LTB)

Karakteristik kualitas apabila nilai semakin tinggi, maka kualitas akan semakin baik. Nilai S/N Ratio karakteristik LTB didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$S/N_{LTB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

c) *Nominal the better* (NTB)

Karakteristik kualitas dengan menetapkan suatu nilai nominal tertentu, dan apabila nilainya semakin mendekati nilai nominal tersebut maka kualitasnya akan semakin baik.

Nilai S/N untuk jenis karakteristik NTB adalah:

$$S/N_{NTB} = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

di mana:

S/N = *signal to noise ratio* (satuan *decibel*)

n = jumlah eksperimen di dalam percobaan (*trial*)

y_i = nilai respon dari cuplikan ke – i untuk jenis eksperimen tertentu

2.2.5 Array Orthogonal dan Matriks Eksperimen

Array Orthogonal merupakan suatu matriks berisi elemen-elemen yang disusun menurut baris dan kolom. Setiap kolom mewakili faktor kendali yang sudah ditentukan dalam eksperimen dan baris menunjukkan level dari setiap faktor kendali. *Array* disebut *orthogonal* karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain dalam eksperimen. Jadi *array orthogonal* adalah matriks seimbang dari faktor dan level, sedemikian sehingga pengaruh pengaruh suatu faktor atau level tidak baur (*confounded*) dengan pengaruh faktor atau level yang lain. Sedangkan matrik eksperimen adalah matriks yang memuat sekelompok eksperimen dimana faktor dan level dapat ditukar sesama matriks. Faktor-faktor dan level-level merupakan kondisi bermacam-macam proses yang ingin diteliti. Tujuan dari melakukan eksperimen berdasarkan pada *array orthogonal* adalah untuk melakukan pengujian terhadap pengaruh beberapa parameter secara efisien.

Tabel 2. 2 *Array Orthogonal*

2 Tingkat	3 Tingkat	4 Tingkat	5 Tingkat	Campuran
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{16}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$			$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$				$L_{50}(2^1 \times 5^{11})$

2.2.6 Pengujian Data

Data hasil eksperimen harus diuji agar data yang diperoleh dari hasil eksperimen memang benar valid. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan yaitu:

a) Uji Normalitas

Data yang digunakan dalam penelitian harus mendekati distribusi normal atau mengikuti distribusi normal sehingga dapat digunakan untuk statistik parametrik. Dian Christiani. K et al. (2012) telah menuliskan dalam sebuah jurnal bahwa berdasarkan pengalaman *empiris* ahli statistik, data yang banyaknya lebih dari 30

(n > 30), sudah dapat diasumsikan berdistribusi normal. Data seperti itu dapat dikatakan data sampel besar.

b) Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah untuk menguji dua sampel atau lebih apakah memiliki *variansi* yang homogen atau tidak. Homogenitas sampel sejumlah k buah ($k \geq 2$) *variansi* populasi yang berdistribusi normal dapat diuji dengan uji Bartlett. Misal populasi memiliki sampel n_1, n_2, \dots, n_k dengan data Y_{ij} ($i=1,2,\dots,n$ dan $j = 1,2,\dots,n_k$), dengan *variansi* masing-masing $s_1^2, s_2^2, \dots, s_k^2$, maka *variansi* gabungan dari semua sampel adalah :

$$s^2 = \{ \sum (n_i - 1) s_i^2 \} / \sum (n_i - 1) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$B = (\log s^2) \sum (n_i - 1) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\chi^2 = (\ln 10) \{ B - \sum (n_i - 1) \log s_i^2 \} \dots \dots \dots (2.8)$$

Apabila $\chi^2 < \chi^2 (\alpha)(k-1)$, maka H_0 diterima.

c) Uji Anova

ANOVA (Analysis of Variance) merupakan uji komparasi multivariabel dengan menguji apakah terdapat perbedaan rata-rata tiga kelompok atau lebih dengan membandingkan *variansinya*. Dalam eksperimen metode *Taguchi*, untuk mengetahui mana faktor kendali yang berpengaruh secara signifikan dan yang tidak berpengaruh secara signifikan maka dengan cara melakukan uji *Anova*. Tabel *Anova* ditampilkan seperti tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 3 *Anova*

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	SS	MS	F Hitung	% Kontibusi
Faktor A	VA	SSA	MSA	MSA/MSe	SS'A/SST
Faktor B	VB	SSB	MSB	MSB/MSe	SS'B/SST
Interaksi	VAXB	SSAXB	MSAXB	MSAXB/MSe	SS'AXB/SST
Residual	Ve	SSe	MSe		SS'e/SST
Total	VT	SST			100%

Dimana:

VT = Derajat bebas total = N - 1

VA = Derajat bebas faktor A = kA - 1

VB = Derajat bebas faktor B = kB - 1

V_{AXB} = Derajat bebas interaksi = $(kA - 1)(kB - 1)$

V_e = Derajat bebas kesalahan (error) = $VT - VA - VB - V_{AXB}$

CF = Correction Factor = T^2/N

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam ANOVA adalah:

SST = Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

SSA = Jumlah kuadrat faktor A

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{A_i^2}{n_A} \right) \right] - CF \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

SSB = Jumlah kuadrat faktor B

$$SS_B = \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{B_i^2}{n_B} \right) \right] - CF \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

SS_{AXB} = Jumlah kuadrat interaksi antar faktor

$$SS_{A \times B} = \left[\sum_{i=1}^c \left(\frac{A \times B}{n_{A \times B}} \right)^2 - CF - SS_A - SS_B \right] \dots\dots\dots (2.12)$$

SS_e = jumlah kuadrat kesalahan (error)

$$SS_e = SST - SSA - SSB - SS_{A \times B} \dots\dots\dots (2.13)$$

MSA = rata-rata jumlah kuadrat faktor A

$$MSA = SSA/VA \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

MSB = rata-rata jumlah kuadrat faktor B

$$MSB = SSB/VB \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$MS_{A \times B}$ = rata-rata jumlah kuadrat interaksi faktor A×B

$$MS_{A \times B} = SS_{A \times B}/VA \times B \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

MSe = rata-rata jumlah kuadrat kesalahan faktor (error)

$$MSe = SSe/Ne \dots\dots\dots (2.17)$$

T = jumlah seluruh pengamatan

$$T = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right] \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana:

kA = jumlah level faktor A

kB = jumlah level faktor B

N = jumlah kuadrat Eksperimen

N = $k \times n$

nA_i, nB_j = jumlah pengamatan (*trial*) faktor A dan faktor B

Model persamaan yang mewakili keadaan pengamatan adalah

$$Y_{ikr} = \mu + \alpha_i + \beta_k + \varepsilon_{ikr} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\varepsilon_{ikr} \approx IIDN(0, \sigma^2) \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana:

$i = 1, 2, 3, \dots, m$

$k = 1, 2, 3, \dots, n$

2.2.7 Metode Multi Respon *Signal To Noise* (MRSN)

Berdasarkan jumlah variabel responnya, *Taguchi* dibedakan menjadi dua yaitu *Taguchi Single Respon* dan *Taguchi Multi Respon*. Apabila jumlah variabel respon hanya satu maka disebut *Taguchi Single Respon*. Dan apabila jumlah variabel respon berjumlah dua

atau lebih maka disebut *Taguchi Multi Respon*. Pada *Taguchi Multi Respon*, masing-masing variabel respon memiliki kombinasi level faktor yang berbeda, sehingga untuk memperoleh kombinasi level faktor optimal dapat diselesaikan dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah *Multi Respon Signal to Noise Ratio*.

Beberapa langkah sistematis dalam melakukan eksperimen multi respon dengan menggunakan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *quality loss* (L_{ij}) untuk setiap hasil percobaan dalam eksperimen. *Quality loss* adalah untuk mengidentifikasi kerugian kualitas (termasuk kerugian biaya) yang ditimbulkan akibat dari produk yang dihasilkan tidak sesuai target. Berikut rumus *quality loss* untuk masing-masing karakteristik kualitas:

Larger-the-better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2} \dots\dots\dots 2.21)$$

Nominal-the-better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - m)^2 \dots\dots\dots (2.22)$$

Smaller-the-better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 \dots\dots\dots (2.23)$$

dengan:

y_{ijk} = data untuk respon ke-i, *trial* ke-j, replikasi ke-k;

m = nilai target

n_i = replikasi untuk respon ke-i ;

k = koefisien dari *quality loss*

2. Menentukan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN).

- a. Menentukan *quality loss* maksimum untuk tiap respon.
- b. Normalisasi *quality loss* (C_{ij}) tiap eksperimen.

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*} \dots\dots\dots(2.24)$$

dengan $L_i^* = \max \{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{ij}\}$

- c. Menghitung *total normalized quality loss* (TNQL) setiap eksperimen :

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij} \dots\dots\dots(2.25)$$

dengan : w_i = bobot dari normalisasi respon ke-i

- d. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

$$MRSN_j = -10 \log(TNQL_j) \dots\dots\dots(2.26)$$

1. Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar.

2.2.8 Uji *Independent Sample t-Test*

Dalam penelitian ini, karena akan ada 2 sampel yang akan diuji beda rata-rata yaitu nilai variabel respon berdasarkan kondisi awal UKM dengan kombinasi level faktor optimal, maka menggunakan uji *independent sample t-test* dengan bantuan *software* SPSS. *Independent sample t-Test* (Uji Hipotesis Parameter Dua Populasi) adalah pengujian untuk mengetahui apakah dua populasi mempunyai sifat yang sama, bila sifat objek yang akan diuji ukurannya dapat dinyatakan dengan harga rata-rata (μ). Rumus perhitungan mencari nilai t_{hitung} adalah sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \dots\dots\dots(2.27)$$

2.2.9 Gerabah

Gerabah termasuk dapat digolongkan kedalam keramik rakyat, sebab bahan baku dasar pembuatan gerabah adalah tanah liat bakaran rendah dan pembakaran dengan teknik yang cukup sederhana (Oka, 1979:19). Gerabah dimasukkan golongan dari keramik tergantung pada tingkat suhu pembakaran dan sifat bahannya. Bahan dasar gerabah adalah lempung atau tanah liat yang mempunyai sifat plastis bila saat kondisi basah dan bila dibakar pada suhu tinggi akan berubah menjadi sangat keras (Gonggo, 2001; Garinas, 2009; Indiani & Umiati, 2009).

Ada beberapa macam keramik/gerabah menurut suhu pembakarannya dan bahan yang digunakan, antara lain sebagai berikut:

a) *Earthenware* (900 °C–1180 °C)

Yang termasuk *earthenware* adalah tanah liat bakaran rendah seperti tanah liat gerabah, *pottery*. Tanah liat sebagai bahan baku terkadang berwarna kekuningan, merah kecoklatan yang mengandung kotoran humus (organik), oksida besi (Fe), oksida mangan (Mn), oksida cupper (Cu), oksida cobalt (Co), dll. Kandungan terbesar dalam tanah liat *earthenware* adalah kandungan oksida besi (Fe). Sifat utama dari tanah liat *earthenware* adalah sifat plastisitas dan porositasnya.

b) *Stoneware* (1200 °C –1300 °C)

Stoneware dikenal lebih memiliki kekuatan yang bagus, bentuk warna warni dan bersifat keras dan agak mengkaca. Umumnya *stoneware* didapatkan dari bakaran tanah liat yang mengandung *feldspar* dan *silika*. Besi (Fe), titanium (Ti), zinc (Zn) adalah kandungan pada tanah liat *stoneware*.

c) Porselin (1250 °C –1460 °C)

Porselin merupakan jenis bakaran tanah liat yang paling tinggi tingkat suhu pembakarannya, yaitu kisaran suhu 1250 °C –1460 °C. Sifat porselin yang keras berwarna putih padat dan kedap air karena tingkat porositasnya yang sangat kecil. Bahan utama pembentuk porselin adalah *kaolin*, *kwarsa*, *ballclay*, dan *feldspar*.

Dari beberapa macam bakaran tanah liat (gerabah) tergantung suhu pembakarannya seperti penjelasan di atas, ada produk bakaran tanah liat (gerabah) yang *food grade* dan *non food grade*. Kedua macam tersebut merupakan seni terapan dari bakaran tanah liat, di mana kegunaan asli dari bakaran tanah liat adalah seni murni. *Food grade* merupakan produk gerabah yang dapat digunakan sebagai wadah makanan atau minuman seperti kendi, piring, cobek, dll. Sedangkan *non food grade* tidak digunakan sebagai wadah makanan ataupun minuman, melainkan untuk kegunaan lain seperti tempat duduk, meja, patung, dll.

2.2.10 Kualitas Gerabah

Kualitas gerabah dapat ditentukan berdasarkan sifat-sifat yang ada pada gerabah itu sendiri. Gerabah digolongkan keramik yang termasuk dalam bahan teknik atau material teknik. Tata Surdia dan Shinroku Saito (2005) menyatakan bahwa bahan teknik atau material teknik memiliki beberapa sifat antara lain:

a) Sifat Mekanik

Merupakan kemampuan suatu bahan atau material dalam menerima beban mekanis, baik beban statis maupun beban dinamis. Sifat mekanik contohnya seperti *bending strength*, *impact strength*, *tensile strength*, *flexural strength* dan lain sebagainya.

b) Sifat Fisik

Merupakan kemampuan suatu bahan atau material ditinjau dari sifat-sifat fisiknya, sifat yang dapat dilihat atau tampak langsung dari suatu bahan atau material seperti misalnya *densitas*, *porositas*, *water absorption*, *konduktivitas listrik* dan lain sebagainya.

c) Sifat Kimia

Merupakan ketahanan suatu bahan atau material terhadap lingkungan terutama dari sifat asam dan basa seperti ketahanan terhadap korosi.

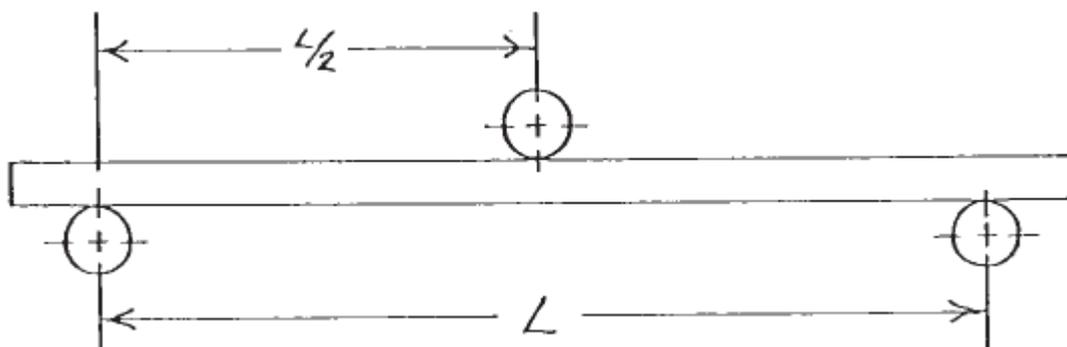
d) Sifat Teknologi

Merupakan kemampuan suatu bahan atau material untuk diproses lanjut atau dilakukan proses pengerjaan permesinan seperti mampu dikeraskan, mampu dibentuk dan mampu dicor.

Diantara beberapa sifat bahan teknik yang telah disebutkan di atas, berikut ini uraian penjelasan mengenai 3 sifat yang menjadi fokus dalam penelitian ini.

2.2.10.1 *Bending Strength*

Bending strength menggambarkan kekuatan produk untuk menahan gaya tekan yang diberikan. Satuan nilai *bending strength* umumnya menggunakan satuan MPa (*Mega Pascal*) atau psi (*Pounds Per Square Inch*). Pengujian *bending strength* dapat menggunakan metode *four point bending* atau *three point bending*. Semakin tinggi nilai *bending strength* sebuah produk gerabah, berarti semakin besar kekuatan produk gerabah untuk menahan beban tekan yang diberikan (ASTM Standars, 2004). Berikut ilustrasi metode pengujian *three point bending* beserta dimensi spesimennya.



Gambar 2. 1 *Three Point Bending*

Tabel 2. 4 *Fixture Spans*

<i>Configuration</i>	<i>Support Span (L), mm</i>	<i>Loading Span, mm</i>
A	20	10
B	40	20
C	80	40

Tabel 2. 5 *Nominal Bearing Diameters*

<i>Configuration</i>	diameters (r), mm
A	2 -2,5
B	4,5
C	9

Tabel 2. 6 *Dimensi Specimens*

<i>Configuration</i>	Lebar (b), mm	Tebal (d), mm	Panjang (L _T), min, mm
A	2	1,5	25
B	4	3	45
C	8	6	90

Pada pengujian dengan metode *Three Point Bending*, spesimen berbentuk batang dengan dimensi tertentu ditempatkan pada tumpuan dan kemudian diberikan beban dengan laju regangan konstan. Pengukuran *Bending Strength* sampel dengan menggunakan *Ultimate Testing Machine* (UTM) yang mengaju pada standar pengujian ASTM C 1161-13 dengan metode *Three Point Bending* dan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Surdia dkk, 1985).

$$S = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

S = *bending strength* (MPa)

b = lebar sampel (m)

P = beban yang diberikan (Newton)

d = ketebalan sampel (m)

L = *support span* (m)

2.2.10.2 *Impact Strength*

Produk keramik seperti gerabah tergolong material yang memiliki sifat getas atau tidak ulet. Dengan kata lain gerabah mudah sekali patah atau pecah jika mendapatkan gaya kejut dari luar. Untuk menguji tingkat kegetasan sebuah

produk digunakan metode pengujian *Impact Strength*. *Impact Strength* merupakan jumlah energi yang dapat diserap oleh sebuah produk sehingga produk menjadi patah. *Impact Strength* menggambarkan kekuatan produk gerabah terhadap gaya kejut, seperti ketika produk gerabah dipukul, dijatuhkan atau dibanting. Semakin besar nilai *Impact Strength*, maka tingkat keuletan produk tersebut semakin tinggi atau dengan kata lain kegetasannya semakin kecil (ASTM Standars, 2004). Pengujian *Impact Strength* menggunakan standar pengujian ASTM E-23-01a dengan ketentuan dimensi spesimen dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

a. Energi patah spesimen

$$W = G \times R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots (2.29)$$

Keterangan:

W = energi patah spesimen (J)

G = berat pendulum (N)

R = jarak pendulum ke pusat rotasi (m)

β = sudut pendulum ke pusat rotasi ($^{\circ}$)

α = sudut pendulum tanpa spesimen ($^{\circ}$)

b. Kekuatan impact spesimen

$$a = \frac{W}{b \times h} \dots \dots \dots (2.30)$$

Keterangan:

a = *impact strength* spesimen (J/mm^2)

b = lebar spesimen (mm)

W = energi terserap spesimen (J)

h = tebal spesimen (mm)

2.2.10.3 *Water Absorption*

Produk gerabah memiliki pori-pori yang akan diisi oleh udara atau air sama halnya seperti pada produk keramik atau produk hasil bakaran tanah liat lainnya seperti batu bata, genteng, dll. Semakin besar dan banyak pori-pori yang ada, maka akan berpengaruh pada *water absorption* produk gerabah yang

semakin besar (ASTM Standars, 2004). Hal tersebut akan berpengaruh pada ketahanan produk gerabah terhadap jamur atau lumut yang semakin kecil. Pengujian *water absorption* produk gerabah menggunakan standar ASTM C 373-88 dengan prosedur memanaskan produk di dalam furnace dengan suhu 150 ° C kemudian akan direndam dalam air selama 24 jam. Perhitungan *water absorption* dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$A = \frac{M-D}{D} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan:

A = *water absorption*

M = *saturated mass*

D = *dry mas*