

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Quality Control (QC) memiliki keberadaan yang krusial di dalam perusahaan, dimana *Quality Control* memegang peran dalam memeriksa, mengukur, menguji dan memastikan produk yang dibuat sudah sesuai dengan standar yang diterapkan perusahaan dalam menjalankan bisnis. *Quality Control* dijalankan dengan sebuah sistem dengan tujuan produk yang telah dilepas ke pasar memiliki standar kualitas yang telah terpenuhi, dan memenuhi kepuasan dari pelanggan.

Dalam menjalankan *Quality Control* ada prosedur yang harus dilewati sebelum menjalankan *monitoring* yaitu menentukan standar, menyelaraskan visi dan misi perusahaan, dan memperbaiki produk atau layanan yang ditawarkan. Standar yang ditetapkan atas suatu produk harus disusun atas beberapa persetujuan dan telah memenuhi syarat uji mulai dari standar internasional seperti *ISO*, Standar Nasional Indonesia (SNI) dan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan serta standar persetujuan oleh pihak lain.

PT Permata Hijau *Palm oleo* menerapkan sistem FSSC 22000 adalah skema sertifikasi yang berbasis ISO untuk asesmen dan sertifikasi sistem manajemen keamanan pangan di seluruh rantai suplai. FSSC 22000 menggunakan standar ISO 22000:2005 sebagai basis sistem manajemen keamanan pangan dan PAS (*Publicly Available Specification*) 223:2011 sebagai program persyaratan dasar (*Prerequisite Program/PRP*) (GFSI, 2011). Pada tahun 2013, FSSC 22000 disempurnakan dengan adanya persyaratan tambahan FSSC 22000 (FSSC, 2013). Dengan demikian, persyaratan FSSC 22000 terdiri atas persyaratan ISO 22000, PAS 223: 2011, dan persyaratan tambahan FSSC 22000.

Analisis *Quality Control* bertujuan untuk menganalisa masalah kualitas terhadap suatu yang rentan resiko dimana pengaturan dan manajemen yang baik untuk mengurangi terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan, dalam hal ini adalah

kemunculan cacat atau *defect* pada produk. Tiap lini produksi memiliki *flow process* yang telah memasukkan proses inspeksi di tiap pembuatan produk. Banyaknya jenis *defect* yang terjadi di tiap *flow process* menunjukkan masih diperlukan adanya perbaikan sebagai salah satu bentuk usaha meningkatkan kualitas secara berkesinambungan.

Salah satu produk PT Permata Hijau *Palm Oleo* yang harus melewati pengujian sebelum dipasarkan adalah mentega putih (*shortening*). Mentega putih (*shortening*) adalah lemak (*edible fat*) yang banyak dipakai dalam proses pembuatan roti dan kue. Berbeda dengan mentega dan margarin, *shortening* terbuat dari 100% lemak tanpa campuran air. Oleh karena itu, teksturnya lebih padat dan titik lelehnya lebih tinggi. *Shortening* umumnya dijadikan bahan utama dalam pembuatan *butter cream*.

Salah satu cara untuk mengetahui faktor-faktor penting yang dapat memaksimalkan hasil dan mengurangi biaya secara keseluruhan adalah dengan menggunakan metode *taguchi* yaitu suatu pendekatan eksperimen yang terstruktur yang mempengaruhi proses mempelajari pengaruh variabel potensial yang mempengaruhi proses dan juga membantu menentukan pada level berapa variabel tersebut dapat menghasilkan *output* yang optimal. Metode *taguchi* dapat membantu industri dalam mendesain dan membuat produk dengan kualitas tinggi dengan harga murah.

Produk *shortening* harus diproses segera mungkin untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan saat *loading* ke dalam kontainer baik secara fisik dan struktur kandungannya sehingga diperlukan pendekatan untuk menganalisa langkah yang lebih efektif dalam proses distribusi sehingga penulis tertarik untuk mengembangkannya ke dalam skripsi dengan judul:

**“Analisis *Quality Control* Terhadap Kerusakan Produk *Shortening* Pada
Proses *Loading* Kedalam Kontainer Menggunakan Metode
Taguchi di PT. Permata Hijau *Palm Oleo*”.**

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Apakah proses analisis *quality control* dalam mencari faktor penyebab kerusakan produk *shortening* pada saat *loading* kedalam kontainer?
2. Apakah menggunakan metode *taguchi* dalam menentukan faktor kontrol untuk menentukan parameter desain yang paling sesuai dalam mengendalikan penyebab kerusakan produk *shortening* pada saat *loading* kedalam kontainer?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya kerusakan produk *shortening* dengan menggunakan pendekatan analisis *quality control*.
2. Untuk Mengidentifikasi faktor cacat pada *loading* produk *shortening* ke dalam kontainer yang paling efektif dan mengendalikan faktor penyebab kerusakan dalam produk.

1.3.2 Adapun manfaat dalam penelitian ini yaitu:

1. Dapat memberi informasi analisis kontrol kualitas dalam proses *loading* ke kontainer agar produk *shortening* termonitoring dari penyebab kerusakan
2. Dapat menjadi referensi untuk menambah pengetahuan dan menjadi pertimbangan untuk dikembangkan dan diperbaharui dalam penelitian berikutnya.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup yang dibatasi dalam masalah adalah:

1. Objek penelitian hanya dilakukan terhadap produk *shortening* yang telah dikemas dan dimonitoring saat proses *loading* .
2. Kontrol yang dilakukan dengan menilai kelayakan kemasan produk *shortening* dengan standar lulus *reject*.
3. Metode yang digunakan adalah metode *taguchi* agar menghasilkan produk yang lebih tangguh dengan proses yang efisien.

1.5 Asumsi Yang Digunakan

Asumsi atau anggapan dasar ini merupakan suatu gambaran sangkaan, perkiraan, satu pendapat atau kesimpulan sementara, atau suatu teori sementara, atau suatu teori sementara yang belum dibuktikan.

Menurut pendapat Winarko Surakhman sebagaimana dikutip oleh Suharsimi Arikunto dalam buku *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, bahwa asumsi atau anggapan dasar adalah sebuah titik tolak pemikiran yang kebenarannya diterima oleh penyelidik. Berdasarkan dari penegertianana sumsi diatas maka asumsi yang di kemukakan dalam penelitahan ini yaitu *Zero Defect*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk menggambarkan secara garis besar batas dan luasnya penelitian, maka berikut ini diberikan suatu gambaran ringkas tentang sistematika penulisan. Adapun sistematika penulisan skripsi adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi yang digunakan serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang beberapa teori mengenai tentang produk *shortening*, proses loading kedalam kontainer , *quality control* yang melandasi penelitian ini baik yang berhubungan dengan penganalisaan dan penjabaran konsep-konsep dalam pengolahan data.

BAB III METODE PENELITIAN

Menguraikan tentang bagaimana cara yang akan digunakan dalam memecahkan masalah yang terdiri dari jenis penelitian, variable penelitian, data dan sumber data, teknik pengumpulan data, teknik pengolahan serta teknik analisis data.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Menguraikan tentang pengumpulan data yang diperoleh dan yang diperlukan dalam pemecahan masalah serta pembahasan tentang hasil-hasil analisa dari data yang diperoleh di tempat penelitian.

BAB V ANALISA DAN EVALUASI

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah diperoleh, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas karya akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Produk *Shortening*

Di bidang pangan saat ini minyak sawit dan minyak inti sawit banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan minyak goreng, margarin, *shortening* dan vanaspati. Penggunaan minyak sawit dan minyak inti sawit baik dibidang pangan maupun oleokimia diharapkan terus dikembangkan sejalan semakin meningkatnya produksi minyak sawit dan minyak inti sawit. *Shortening* merupakan lemak padat yang mempunyai sifat plastis dan kestabilan tertentu dan juga memiliki fungsi bukan hanya memperbaiki cita rasa, struktur, tekstur, dan keempukkan tetapi juga memperbesar volume roti/kue (Sari et al., 2015). *Shortening* adalah lemak plastis yang terdiri dari campuran kristal lemak padat dan minyak cair. *Shortening* terbuat dari minyak nabati dan minyak hewani yang dihidrogenasi untuk merubah minyak cair menjadi lemak yang berbentuk padat untuk mempermudah dalam penggunaannya (Faridah, dkk. 2013).



Gambar 2.1 Produk *Shortening*

Shortening pertama kali disebut dengan *compound fat* karena terbuat dari penyaringan minyak kelapa, biji palem, minyak biji kapas, dan minyak-minyak nabati lainnya. *Shortening* merupakan bahan pengempuk paling baik, karena memiliki pengkreman paling baik, maka dipergunakan untuk pembuatan *cake* (Siahaan, 2013). Salah satu karakteristik utama *shortening* adalah konsistensi

dimana konsistensi tersebut tergantung pada rasio solid dan liquid pada temperatur yang berbeda, dalam hal ini dapat diukur dengan metode *solid fat index*. *Shortening* banyak diaplikasikan pada produk *bakery* seperti sebagai bahan pelembut roti, meningkatkan volume roti, dan mengembangkan pori roti saat pemanggangan.

Shortening memiliki pengaruh terhadap volume yang dihasilkan. *Shortening* merupakan emulsi dengan tipe *water in oil* (W/O) yaitu fase air berada dalam lemak. *Shortening* mengandung 10-15% air dari jumlah berat *shortening*, kadar air tersebut dipengaruhi oleh tekstur dan kekerasan (*firmness*) *shortening* yang dihasilkan. Konsistensi *shortening* ditentukan oleh ukuran globula lemak, semakin besar ukuran globula menghasilkan *shortening* yang lunak begitu pula sebaliknya (Ketaren diacu dalam Purwanti, 2014). Mentega putih memegang peranan penting untuk memperbesar volume roti dan kue berlemak (Hasibuan.2012).

2.2 Loading ke dalam kontainer

Gudang memiliki pekerjaan utama seperti penyimpanan, penerimaan, dan pengiriman barang maka untuk menghasilkan sistem yang efektif dan efisien dibutuhkan rancangan gudang yang dapat menekan biaya dan memberikan pelayanan yang baik pada pelanggannya.

Produktivitas gudang bergantung pada kelancaran aktivitas gudang, salah satunya aktivitas *loading*. Salah satu yang menjadi faktor kelancaran aktivitas *loading* yaitu berpindahannya suatu barang dari tempat penyimpanan sementara, kemudian mengantarkan kepada konsumen. Penyimpanan dan penyusunan barang dalam kontainer yang tepat mendukung kelancaran aktivitas *loading* menjadi efektif dan efisien yang membuat produktivitas meningkat.



Gambar 2.2 *Loading* Produk Ke Dalam kontainer

2.3 *Quality Control*

Quality (kualitas) adalah suatu sifat atau ciri yang membedakan suatu hal dari yang lain. Kualitas merupakan suatu aktivitas (manajemen perusahaan) untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk dan jasa perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana direncanakan. Kualitas adalah totalitas bentuk dari karakteristik barang dan jasa yang menunjukkan kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan-kebutuhan yang tampak jelas maupun sembunyi. Pengertian *Control* atau pengawasan ialah jaminan bahwa hasil yang dicapai sesuai dengan apa yang diharapkan (Ibrahim, 2012). *Control* adalah usaha untuk mencapai tujuan tertentu melalui perilaku yang diharapkan. *Control* adalah suatu proses penjaminan dimana perusahaan dan orang-orang yang berada didalam perusahaan tersebut biasa mencapai tujuan yang sudah ada (Hasibuan, 2009).

Kualitas Pengawasan (*quality control*) Pengendalian kualitas pengawasan adalah teknik dan kegiatan operasional untuk memenuhi persyaratan untuk kualitas. Pengendalian kualitas adalah proses yang digunakan untuk menjamin tingkat dalam produk atau jasa. Kualitas pengawasan adalah usaha untuk mempertahankan kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan (Wibawa, 2013).



Gambar 2.3 Proses kegiatan *checking qc*

Tujuan *quality control* adalah menjaga dan memelihara kualitas yang telah ditentukan, mengetahui apakah prosedur dalam pembuatan produk telah berjalan sesuai dengan yang direncanakan dan mengadakan perbaikan apabila terjadi penyimpangan dari yang telah ditentukan. Adapun kegunaan dari *quality control* adalah untuk memperoleh barang yang dapat dipercaya. Di dalam *quality control*, standar dari suatu produk harus ditetapkan terlebih dahulu secara pasti. Dengan ditetapkannya standar maka langkah-langkah selanjutnya adalah inspeksi yang dilakukan terhadap kualitas yaitu mengukur mutu dari produk berdasarkan standar yang ditetapkan. Tingkat kepercayaan (*reability*) suatu barang atau lebih besar jika barang tersebut dibuat menurut standar yang telah ditetapkan, sehingga kemungkinan gagal dalam menjalankan fungsinya sangat kecil.

Quality control juga memegang peran untuk memperoleh keseimbangan dalam mencapai kuantitas dan kualitas produk yang ditetapkan oleh perusahaan. Jadi dengan program *quality control* dapatlah diharapkan untuk mengendalikan kembali dari segala penyimpangan-penyimpangan terhadap rencana yang digariskan. Agar proses produksi menghasilkan barang yang dapat diterima konsumen, jadi *quality control* merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan berhasil atau tidaknya produk di dalam suatu pasar. Kurang diperhatikannya *quality control* akan mengakibatkan hal-hal sebagai berikut seperti barang-barang sebagian besar akan ditolak oleh konsumen karena tidak memenuhi standar kualitas, kesulitan-kesulitan dalam proses produksi disebabkan oleh karena adanya barang-barang yang cacat atau rusak, keterlambatan produksi

yang akan banyak menyita atau menghabiskan biaya. Berdasarkan uraian diatas dengan adanya tujuan kegunaan dari *quality control* dan keuntungan yang diperoleh, maka jelaslah pelaksanaan *quality control* sangatlah penting dalam suatu perusahaan untuk menjaga kualitas produknya serta untuk menjaga kepercayaan konsumen akan produknya dan mampu bersaing dipasaran. (Vincet, 2005).

2.4 Rekayasa Kualitas

Pada Industri, aktivitas yang berhubungan dengan kualitas dapat dibagi menjadi beberapa tahap, antara lain:

1. Perencanaan produk: merencanakan fungsi, harga, daur hidup produk, dari produk yang bersangkutan.
2. Perancangan produk: merancang produk agar memiliki fungsi yang sudah ditetapkan pada tahap perencanaan produk.
3. Perancangan proses: merancang proses manufaktur agar memiliki fungsi yang sudah ditetapkan di dalam perancangan produk
4. Produksi: proses pembuatan produk yang sebenarnya sehingga sesuai sesuai dengan kualitas yang sudah dirancang.
5. Penjualan: aktivitas untuk menjual produk hasil produksi servis setelah penjualan: aktivitas pelayanan pelanggan seperti pemeliharaan dan servis produk.

Sebuah perusahaan perlu untuk membangun sistem kualitas secara keseluruhan dimana didalamnya seluruh aktivitas berinteraksi untuk memproduksi produk sesuai rancangan kualitas dengan biaya yang minimum. Terdapat tiga karakteristik kualitas yang berbeda di dalam keseluruhan sistem kualitas:

1. Kualitas Desain: kualitas perencanaan produk, perancangan produk dan proses.
2. Kualitas Kesesuaian: kualitas produksi.
3. Kualitas Servis: kualitas dari penjualan dan servis setelah penjualan.

2.4.1 Pendekatan Taguchi terhadap Rekayasa Kualitas

Kualitas merupakan kerugian yang ditimbulkan oleh produk terhadap

masyarakat setelah produk tersebut dikirimkan, terpisah dari kerugian-kerugian lain yang disebabkan fungsi internal. Definisi *taguchi* terhadap kualitas berbeda dengan definisi pada umumnya. Kerugian yang dimaksud dapat disebabkan oleh variabilitas fungsi, atau dari efek samping yang berbahaya. Karena itu, jika produk mengorbankan masyarakat nol kerugian, maka produk tersebut terbuat dari kualitas terbaik.

Biaya dari suatu produk dapat dibagi menjadi dua bagian utama: sebelum penjualan dan setelah penjualan kepada pelanggan. Biaya yang timbul sebelum penjualan merupakan biaya manufaktur (*manufacturing cost*), dan biaya yang timbul setelah penjualan merujuk kepada kerugian kualitas (*quality loss*). Rekayasa kualitas merupakan pengetahuan antar cabang ilmu pengetahuan yang tertuju tidak hanya kepada memproduksi produk yang memuaskan untuk pelanggan tetapi juga mengurangi kerugian total (manufaktur ditambah kerugian kualitas). Jadi, rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk/proses, mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses produksi, dan kepuasan konsumen.

Taguchi menekankan bahwa variasi kualitas merupakan musuh utama di dalam rekayasa kualitas dan setiap usaha harus dilakukan untuk mengurangi variasi di dalam karakteristik kualitas. *Taguchi* (1986) menggunakan desain eksperimental secara ekstensif sebagai alat untuk merancang produk agar lebih kuat (*robust*) yang juga berarti lebih tidak sensitif, terhadap faktor pengganggu.

Desain yang kuat (*robust design*) merupakan metodologi rekayasa untuk mengoptimalkan kondisi produk dan proses yang sangat tidak sensitif terhadap berbagai penyebab variasi, dan kondisi yang menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya pengembangan dan produksi yang rendah (Anthony, 2006). Dua alat dasar yang digunakan untuk desain yang kuat, yaitu:

1. *Single-to-noise ratio*, yang mengukur kualitas berdasarkan pada variasi.
2. *Orthogonal arrays*, yang mengakomodasi banyak faktor desain.

2.4.2 Kontrol Kualitas *Off-line* dan *On-line*

Seperti telah disebutkan sebelumnya, tipe sistem kualitas pada perusahaan

manufaktur terdiri dari tiga aspek yaitu: Kualitas desain, kualitas kesesuaian, dan kualitas servis. *Taguchi* membagi sistem kualitas menjadi dua bagian sebagai berikut:

1. *Off-line QC* : aktivitas untuk kualitas dari desain melalui penelitian pasar dan pengembangan produk/proses, usaha kontrol kualitas disini jauh dari barisan produksi.
2. *On-line QC* : aktivitas untuk kualitas kesesuaian dan kualitas servis melalui pemeliharaan manufaktur, inspeksi dan pelayanan pelanggan. Usaha dari kontrol kualitas ini secara garis besar fokus pada barisan produksi.

2.4.3 Tiga Langkah dalam Desain Proses

Selama fase desain produk dan proses, terdapat tiga langkah pada setiap fase desain, yaitu desain sistem, desain parameter, dan desain toleransi.

1. Desain Sistem. Tahap ini memilih proses manufaktur dari pengetahuan manufaktur teknologi dan biaya yang berkaitan seperti kontrol otomatis, biaya produksi, dan produktivitas.
2. Desain Parameter. Tahap ini memutuskan kondisi operasi yang optimal untuk setiap komponen proses dan material optimal untuk dibeli. Tujuan utama untuk desain parameter adalah untuk mengurangi variasi kualitas (untuk meningkatkan kapabilitas proses) dengan meminimalisir pengaruh dari *noise*. Desain eksperimen seringkali digunakan pada tahap ini.
3. Desain toleransi. Pada desain ini, toleransi dari kondisi proses dan sumber dari variasi diinvestisigasi. Jika toleransi yang diperoleh dari desain parameter tidak sesuai, pengukuran ekonomis untuk menekan variasi kualitas akan ditemukan dengan menghilangkan secara langsung sumber daripada variasi tersebut. Desain Experimen juga berperan sebagai alat yang kuat pada tahap ini.

2.4.4 Penggunaan *Noise*

Sumber yang tidak diinginkan dan tidak dapat dikontrol yang dapat menyebabkan penyimpangan dari target nilai di dalam karakteristik fungsional

produk disebut *noise* dan dapat dibagi menjadi tiga tipe:

1. *External Noise* : variabel operasi pada lingkungan seperti suhu, dan kelembaban, dan kondisi penggunaan yang mengganggu fungsi dari produk.
2. *Internal Noise* : perubahan yang terjadi ketika memburuk selama penyimpanan berlangsung, disebabkan oleh pergeseran atau karena lepasnya alat selama penggunaan.
3. *Unit-to-unit noise*: perbedaan diantara produk individual disebabkan ketidaksempurnaan proses manufaktur seperti variasi di dalam pengaturan mesin.

Keseluruhan sistem kualitas sebaiknya didesain untuk memproduksi produk yang kuat dengan penerimaan terhadap semua faktor *noise*. Untuk mencapai kekuatan produk, usaha kontrol kualitas harus dimulai pada saat desain produk dan proses (*off-line QC*) dan harus dilanjutkan selama operasi produksiberlangsung (*on-line QC*).

2.4.5 Hal-hal Penting Dalam Perencanaan Peningkatan Kualitas

Usaha peningkatan kualitas harus dilanjutkan berdasarkan pada beberapahal penting:

1. Variasi karakteristik produk dari target nilai mereka harus dikurangi. *Taguchi* melihat peningkatan kualitas sebagai usaha terus-menerus untuk mengurangi variasi dari target nilai. Tujuan utama dari peningkatan kualitas adalah untuk meraih distribusi populasi sedekat mungkin dengan target. Untuk menyelesaikan ini, dipergunakan *S/N ratio*.
2. Produk dan proses harus dirancang sedemikian mungkin sehingga mereka sangat tidak sensitif terhadap faktor pengganggu (*noise factor*) dan untuk mengurangi efek variasi pada karakteristik kualitas produk dan proses. Aplikasi klasik pada desain eksperimental mengutamakan focus kepada optmalkan kinerja produk rata-rata daripada mempertimbangkan efek dari variasi.
3. Di dalam merancang produk dan proses, tingkatan yang optimal dari faktor desain harus ditentukan untuk meminimalisir biaya dibawah kondisi dimana toleransi kualitas dari target bertemu untuk setiap karakteristik yang

diinginkan. Untuk mencapai tujuan tersebut, desain sering digunakan.

Sebelumnya kita mendefinisikan rekayasa kualitas sebagai pengetahuan antar disiplin yang tertuju pada pembuatan produk yang memuaskan untuk pelanggan pada saat mengurangi biaya total. Jika kita menggunakan konsep utama dari rekayasa kualitas *Taguchi*, kita dapat mendefinisikan rekayasa kualitas sebagai sistem yang efektif dari manajemen rekayasa untuk meminimalisir kerugian total produk di masyarakat melalui kontrol kualitas *off-line* dan *on-line*.

2.5 Metode *Taguchi*

Metode *Taguchi* dicetuskan oleh Dr. Genichi *Taguchi* pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi di Jepang. Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode *Taguchi* adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Definisi kualitas menurut *Taguchi* adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi *Taguchi* terhadap kualitas terdiri dari empat buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
3. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Menurut *Taguchi*, ada dua segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan.

Metode *Taguchi* menitik beratkan pada pencapaian target tertentu dan mengurangi variasi suatu produk atau proses dengan menggunakan desain parameter. Pencapaian tersebut dilakukan dengan menggunakan ilmu statistika.

Apabila ada sejumlah parameter yang diperkirakan mempengaruhi suatu proses, maka dengan prinsip statistika pada metode *Taguchi* ini dapat dihitung seberapa besar peran masing-masing parameter tersebut dalam mempengaruhi proses ataupun hasil dari proses tersebut. Dengan menggunakan metode *Taguchi* ini dapat ditarik kesimpulan parameter mana yang dominan mempengaruhi proses (*control factor*) dan parameter mana yang hanya merupakan gangguan (*noise*) saja. maka dapat dilakukan suatu optimasi pada parameter yang dominan tersebut, sehingga diperoleh proses yang optimum, karena itu disebut sebagai desain parameter. Ada dua kontribusi utama metode Taguchi pada kualitas, yaitu *Taguchi Loss Function* dan *Othogonal Arrays*.

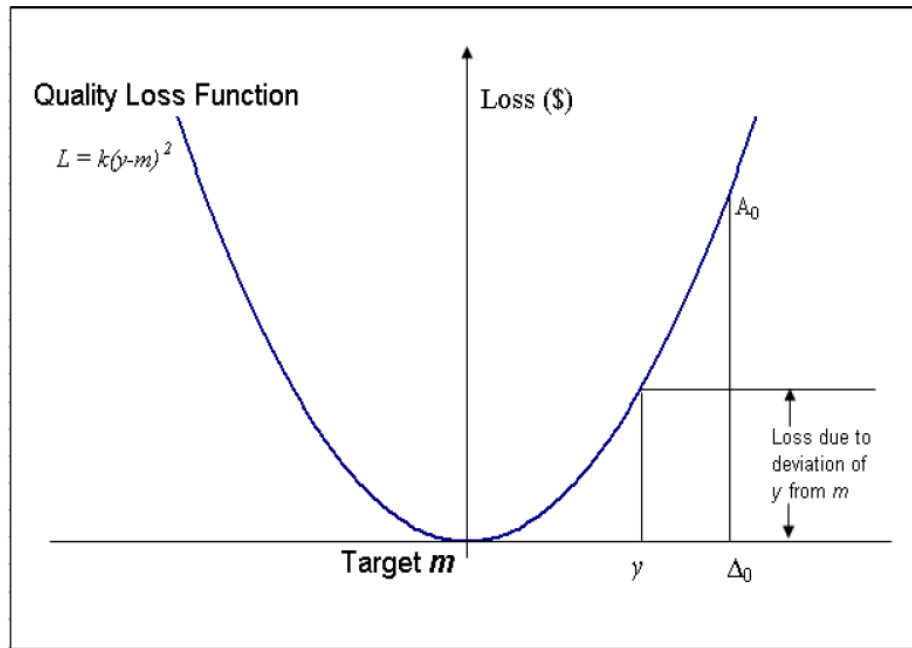
2.5.1. Taguchi Loss Function

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya *Taguchi* mendefinisikan kualitas sebagai kerugian suatu produk yang dialami masyarakat setelah produk dikirimkan. Jika kualitas dipandang seperti ini maka sudah seharusnya sebuah fungsi kerugian untuk mengukur kualitas produk didefinisikan.

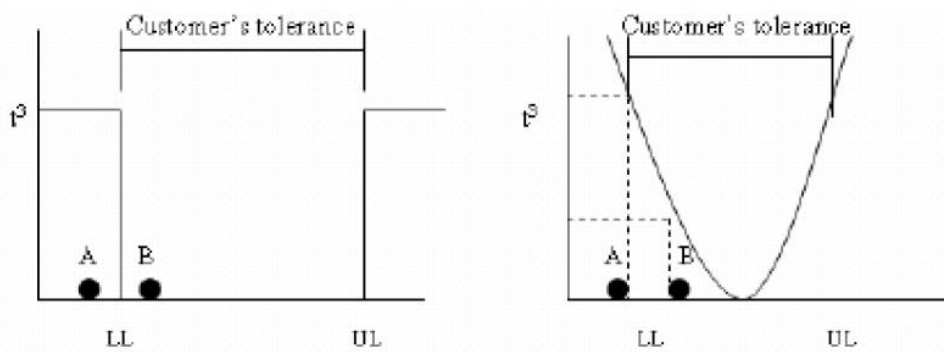
Taguchi loss function secara umum merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan. Bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang jelek. *Loss* merupakan sesuatu yang pasti terjadi saat suatu karakteristik kualitas fungsional produk menyimpang dari nilai nominalnya (*target*), sekecil apapun penyimpangan yang terjadi. Nilai *loss* akan meningkat saat nilai karakteristik kualitas melebar lebih jauh dari nilai targetnya. *Loss* yang terjadi akibat variasi dalam output proses ini nilainya sama dengan "kerugian terhadap masyarakat". *Loss function* menggambarkan biaya sosial yang timbul di antara produsen dan konsumen akibat penetapan karakteristik kualitas tertentu pada produk. *Loss Function* digunakan dalam mengukur performansi karakteristik kualitas dalam pencapaian target, yaitu seberapa besar adanya variasi di sekitar target. *Loss function* juga dapat digunakan dalam evaluasi pengaruh yang ditimbulkan oleh suatu usaha perbaikan kualitas. *Taguchi loss function* digambarkan dengan kurva kuadratik dari *loss cost* produk yang

dihasilkan, seperti pada gambar berikut.

Gambar A



Gambar B



(Sumber: Taguchi et al., 2004 dalam Ragsdell, et al., 2007)

Gambar 2.4 Taguchi Loss Function

Keterangan Gambar:

1. LSL = *Lower Spesification Limit*, batas bawah ukuran spesifikasi yang masih bisa ditolerir oleh *customer (customer tolerance)*
2. USL = *Upper Spesification Limit*, batas atas ukuran spesifikasi yang masih bisa ditolerir oleh *customer (customer tolerance)*
3. m = nilai spesifikasi yang diharapkan
4. y = nilai spesifikasi suatu produk
5. $L(y)$ = *Taguchi Loss Function*

6. h = loss yang disebabkan dari deviasi y dan m
7. Δ = jarak toleransi maksimal dari m
8. A = *loss cost* maksimum yang disebabkan oleh produk yang gagal (berada di luar batas toleransi).

Keterangan gambar B

Jika y adalah karakteristik yang diukur (sumbu x), maka menurut Taguchi, *loss function* $L(y)$ (sumbu y) dapat menggunakan :

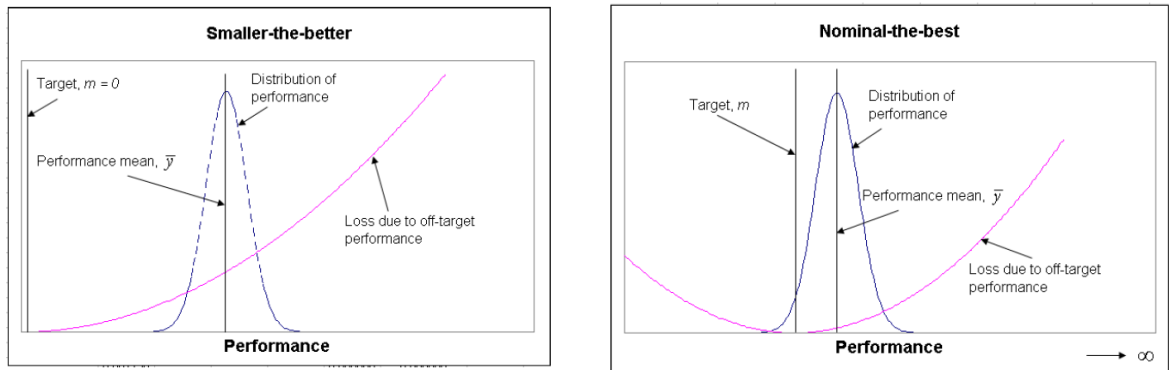
- Rumus untuk *smaller is the better* : $L(y) = k y^2$
- Rumus untuk *nominal is the best* : $L(y) = k (y - \text{target})^2$
- Rumus untuk *higher is better* : $L(y) = k 1/y^2$

Gambar 2.1 menjelaskan fungsi kuadratik dari kerugian, dimana kerugian menurun secara perlahan ketika kualitas y mendekati nilai m , tetapi kerugian akan meningkat lebih cepat ketika kualitas y bergerak menjauhi nilai m . Fungsi seperti inilah yang dibutuhkan untuk menghitung kerugian kualitas. Pada *Taguchi Loss Function* juga dikenal suatu koefisien yaitu koefisien kerugian kualitas (k). Koefisien ini dapat ditetapkan sebagai basis informasi mengenai kerugian-kerugian pada terminologi moneter yang disebabkan spesifikasi produk. jatuh diluar batas toleransi konsumen. Pada Taguchi digunakan istilah “*customer tolerance*” karena fungsi kerugian dilihat dari sudut pandang konsumen. Biasanya batas toleransi konsumen lebih besar dibandingkan toleransi spesifikasi dari pihak produsen.

Berdasarkan pendekatan *loss function* ini, karakteristik kualitas yang terukur menurut *Taguchi* dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

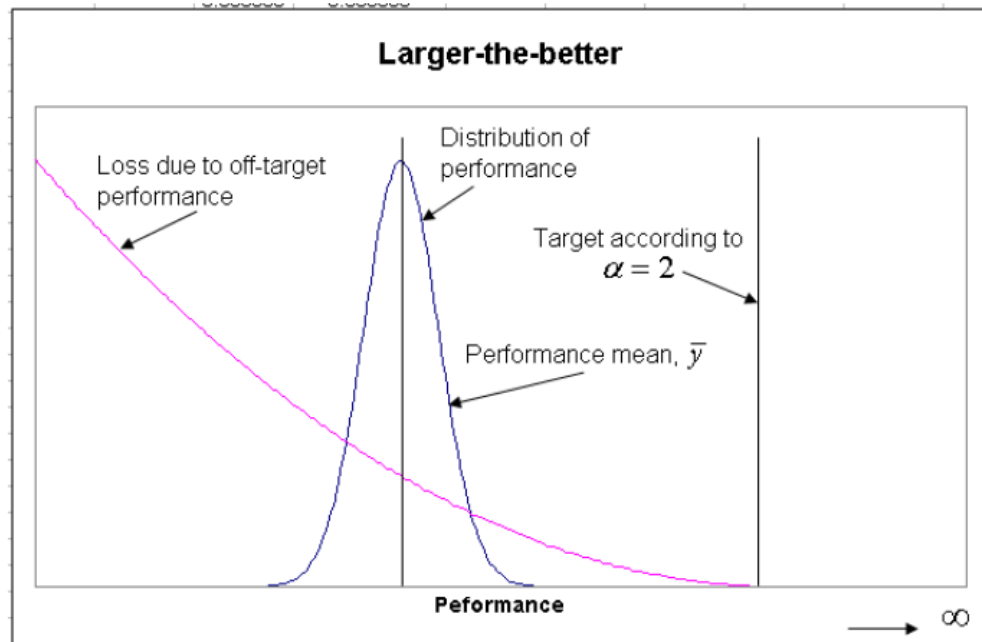
1. *Nominal is the best*: merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Nilai yang diukur berdasarkan nilai target yang telah ditetapkan. Pencapaian nilai mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik.
2. *Lower is better*: merupakan karakteristik terukur non negatif dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai mendekati nol maka kualitas akan baik.

3. *Haiger is better*: merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal tak terhingga.



Grafik A

Grafik B

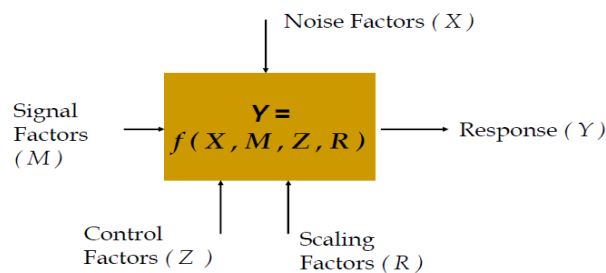
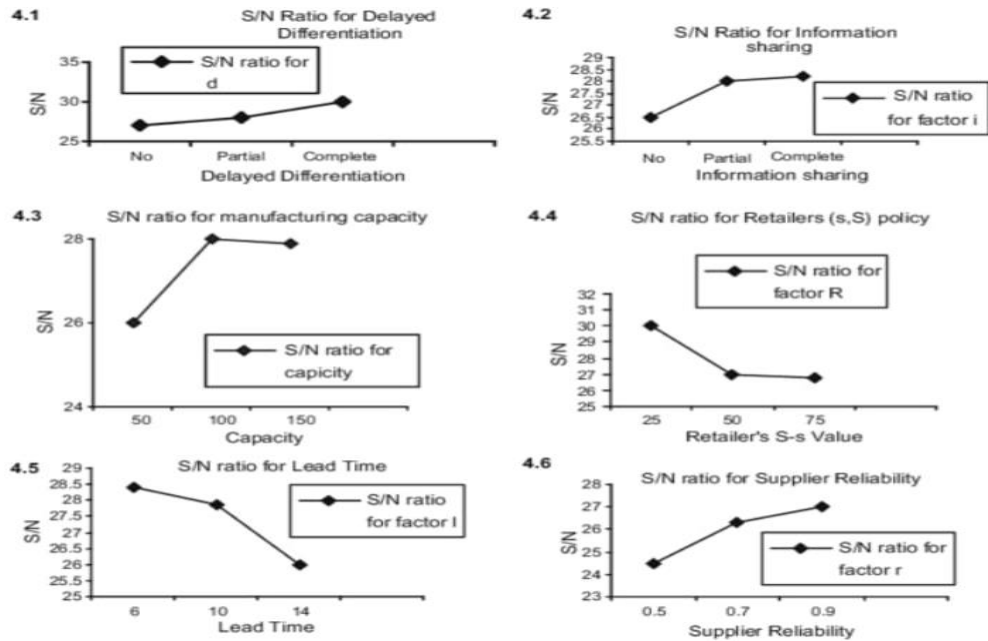


Grafik C

(Sumber: Ragsdell, 2007)

Gambar 2.5 *Quality Characteristics by Taguchi*

Konsep kualitas menurut Taguchi menyatakan bahwa kerugian terjadi pada saat produk menyimpang dari nilai nominal/ target. Semakin produk mendekati nilai nominal, kerugian makin kecil yang berarti produk yang dibelinya memiliki kualitas mendekati nilai nominal. Taguchi memperkenalkan *Loss Function Curve* (kurva fungsi kerugian). Jika y adalah karakteristik yang diukur (sumbu x), maka menurut Taguchi, *Loss Function* $L(y)$ (sumbu y) dapat menggunakan, grafik A menunjukkan jenis kurva *Smaller is the better*, grafik B menunjukkan jenis kurva



(Sumber: Lindawati, 2009)

Gambar 2.6 Ilustrasi Konsep *S/N Ratio*

S/N Ratio adalah suatu bilangan yang menggambarkan perbandingan antara *signal* dan *noise* dari suatu parameter kendali. Untuk menggunakan konsep ini pada desain eksperimen, maka nilai kekuatan *signal* dan *noise* digantikan dengan nilai estimasi rata-rata (μ^2) dan variasi (σ^2).

Nilai *S/N Ratio* didapat dari pengolahan data hasil percobaan untuk beberapa kombinasi *level* pada parameter kendali. Setiap kombinasi akan memiliki nilai tersendiri. Dari nilai tersebut dapat diketahui apakah parameter kendali tersebut cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada sebuah proses permesinan sehingga dapat disebut sebuah *signal*. Atau parameter tersebut hanya memberikan pengaruh yang kecil sehingga dianggap sebagai *noise* atau gangguan saja. Jika target yang dituju adalah untuk meningkatkan respon output, maka yang dilakukan adalah mencari kombinasi dari parameter kendali yang nilai *S/N*

Ratio dari setiap levelnya memiliki nilai terbesar. Berdasarkan *Taguchi loss function*, ada tiga jenis *S/N Ratios* yang biasa dipakai dalam optimisasi permasalahan statik, yaitu:

a. *Smaller the Better*

Merupakan karakteristik terukur non negatif dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai mendekati nol maka kualitas akan semakin baik. Optimasi jenis ini biasanya dipakai untuk mengoptimasi suatu cacat pada produk. Dapat juga digunakan untuk menentukan waktu produksi tercepat (paling produktif). Untuk menghitungnya menggunakan rumus:

$$S/NRatio = -10 \times \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

di mana, n = jumlah data

i = data respon pengukuran

b. *Nominal the Better*

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Nilai yang diukur berdasarkan nilai target yang telah ditetapkan. Pencapaian nilai mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik. Optimasi ini sering digunakan apabila nilai yang telah ditetapkan merupakan sesuatu yang mutlak atau sangat diharapkan. Jadi tidak boleh lebih besar atau lebih kecil dari nilai yang telah ditetapkan sebelumnya. Contohnya adalah dimensi pada komponen-komponen mekanik (pada industri manufaktur), perbandingan unsur kimiawi pada suatu campuran (pada industri kimia), dan lain-lain. Rumus yang dapat digunakan adalah:

$$S/NRatio = 10 \times \log \left[\frac{\bar{y}^2}{S^2} \right]$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

di mana: S^2 = varian

n = jumlah pengulangan dari setiap kombinasi

X_i = nilai dari kombinasi ke- n

\bar{X} = nilai rata-rata dari setiap kombinasi

c. *Larger the Better*

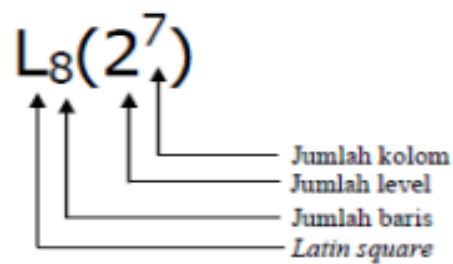
Merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal tak terhingga. Pencapaian nilai mendekati nilai tak terhingga maka kualitas yang dihasilkan akan semakin baik. Optimasi jenis ini merupakan kebalikan dari optimasi *smaller the better*. Kasus yang biasanya dioptimasi adalah untuk mencari kecepatan penghasilan geram (MRR) yang paling besar, yang berarti semakin besar MRR maka semakin produktif proses produksi tersebut.

2.6 *Orthogonal Array (OA) Experiment*

2.6.1. Struktur *Orthogonal Array*

Metode *Taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *orthogonal array* (OA), untuk menetapkan kombinasi faktor dan level mana yang akan digunakan dalam eksperimen yang efisien dan untuk menganalisa data hasil percobaan. *Orthogonal array* adalah sebuah matriks *fractional factorial* yang menjamin suatu perbandingan yang seimbang antara *level-level* dari faktor ataupun interaksinya dalam kombinasi yang dihasilkan. *Orthogonal array* digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen.

Orthogonal array adalah matriks angka-angka yang disusun kedalam sejumlah baris dan kolom. Setiap baris merepresentasikan *level* dari faktor pada setiap percobaan (*run*), dan setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. *Array* disebut *orthogonal* karena setiap *level* dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan. *Orthogonal array* merupakan suatu matriks faktor dan *level* yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau *level* yang lain.



(Sumber: Lindawati, 2009)

Gambar 2.7 Penulisan *Orthogonal Array*

Keterangan gambar:

- Notasi L menyatakan informasi mengenai *orthogonal array*.
- Nomor baris menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *orthogonal array*.
- Nomor kolom menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *orthogonalarray*.
- Nomor *level* menyatakan jumlah *level* faktor.

Untuk dua level, tabel OA terdiri dari L4, L8, L12, L16, L32, sedangkan untuk tiga level tabel OA terdiri dari L9, L18, L27. Pemilihan jenis OA yang akan digunakan pada percobaan didasarkan pada jumlah derajat kebebasan total.


Penentuan derajat kebebasan berdasarkan pada:

- Jumlah faktor utama yang diamati dan interaksi yang diamati.
- Jumlah *level* dari faktor yang diamati.
- Resolusi percobaan yang digunakan atau batasan biaya.

Banyaknya *level* yang digunakan didalam faktor digunakan untuk memilih *orthogonal array*. Jika faktornya ditetapkan berlevel dua maka harus digunakan *orthogonal array* dua level, begitu seterusnya. *Orthogonal array* untuk L4 diperlihatkan pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Matriks *Orthogonal Array*

Eksp.	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1


 $L_4(2^3)$

(Sumber: Lindawati, 2009)

Matriks OA pada tabel 2.2 terdiri dari 3 faktor kendali (A, B, dan C) dan dua level (1 dan 2). Untuk matriks ini diperlukan 4 kali percobaan karena berdasarkan matriks *orthogonal array*-nya terdapat 4 macam kombinasi. *Orthogonal Array* mempunyai beberapa manfaat, yaitu:

1. Kesimpulan yang diambil dapat menjangkau ruang lingkup faktor kendali dan masing-masing level-nya secara keseluruhan
2. Sangat menghemat pelaksanaan percobaan karena tidak menggunakan prinsip *full factorial experiment* seperti percobaan biasa, tetapi menggunakan prinsip *fractional factorial experiment*. Artinya, tidak semua kombinasi *level* harus dilakukan percobaan, melainkan beberapa saja. Untuk menentukan *level* mana yang harus dilakukan dalam pengambilan data, maka harus mengacu pada model OA yang standar.
3. Kemudahan dalam analisis data.

2.6.2 Penentuan dan Pemilihan *Orthogonal Array*

Ada dua hal yang harus diperhitungkan dalam pemilihan jenis *Orthogonal Array* (OA), yaitu:

1. Derajat Kebebasan (*Degree of Freedom*)

Derajat kebebasan merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar *level-level* faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat kebebasan dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan *level* yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri

akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas.

Dalam melakukan percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka sebisa mungkin digunakan *orthogonal array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *orthogonal array* yang diperlukan maka dibutuhkan perhitungan derajat kebebasan. Perhitungan untuk memperoleh derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

- a. Untuk faktor utama, misal faktor utama A dan B:

$$\begin{aligned} V_A &= (\text{jumlah level faktor A}) - 1 \\ &= k_A - 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= (\text{jumlah level faktor B}) - 1 \\ &= k_B - 1 \end{aligned}$$

- b. Untuk interaksi, misal interaksi A dan B

$$V_{A \times B} = (k_A - 1)(k_B - 1)$$

- c. Nilai derajat kebebasan total

$$\begin{aligned} V_T &= (k_A - 1) + (k_B - 1) + (k_A - 1)(k_B - 1) \\ &= (\text{Jumlah Percobaan}) - 1 \end{aligned}$$

- d. Nilai derajat kebebasan error

$$V_e = V_T - V_A - V_B - V_{A \times B}$$

Tabel *orthogonal array* yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat kebebasan totalnya.

2. Interaksi Antar Faktor

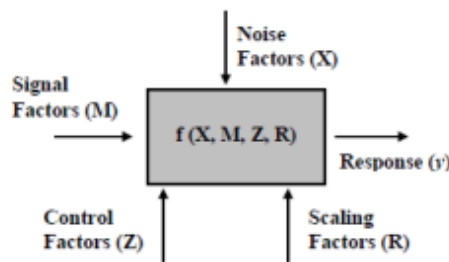
Interaksi antara dua faktor berarti efek satu faktor pada respon tergantung *level* faktor lain. Antara interaksi menyebabkan sistem tidak *robust* karena sistem menjadi sangat sensitif terhadap perubahan satu faktor.

2.7 Tahapan Dalam Metode Taguchi

2.7.1. Struktur Desain Parameter

Taguchi desain parameter adalah sebuah desain yang digunakan untuk meningkatkan kualitas tanpa menghilangkan penyebab dari variasi, dan untuk membuat sebuah produk tahan terhadap faktor pengganggu. Secara umum, desain parameter memiliki dua karakteristik, yaitu:

1. Mengklasifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas kedalam *control factor* (faktor terkendali) dan *noise factor* (faktor pengganggu yang tidak dapat dikendalikan).
2. Menggunakan dua matriks *orthogonal array*. Untuk faktor terkendali menggunakan sebuah OA yang disebut *inner array*, dan *outer array* untuk faktor pengganggu.



(Sumber Triawati.2007)

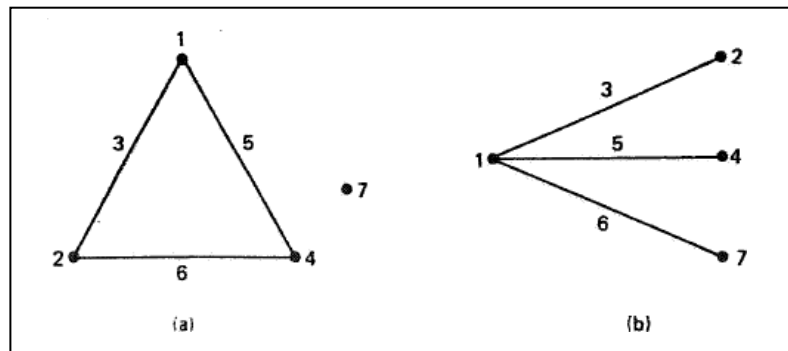
Gambar 2.8 Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas

Tabel 2.3 Struktur Desain Parameter

Type of array	Inner array (L ₈)							Outer array (L ₈)				
	Control factor assignment and column number							Raw Data				S/N Ratio
								Experiment no				Noise factor assignment
Experiment Number	A	B	C	D	F	e	E	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	6	7	0	0	1	1	U
								0	1	0	1	V
								0	1	1	0	W
1	0	0	0	0	0	0	0	y ₁ ₁	y ₁ ₂	y ₁ ₃	y ₁ ₄	SN ₁
2	0	0	0	1	1	1	1	y ₂ ₁	y ₂ ₂	y ₂ ₃	y ₂ ₄	
3	0	1	1	0	0	1	1	y ₃ ₁	y ₃ ₂	y ₃ ₃	y ₃ ₄	SN ₃
4	0	1	1	1	1	0	0	1	2	3	4	
5	1	0	1	0	1	0	1	...				
6	1	0	1	1	0	1	0	...				
7	1	1	0	0	1	1	0	...				
8	1	2	0	1	0	0	1	y ₈ ₁	y ₈ ₂	y ₈ ₃	y ₈ ₄	SN ₈
								1	2	3	4	

Sumber ((Kowalrazyk, 2014)

Penugasan faktor-faktor baik faktor kontrol maupun interaksi-interaksinya pada orthogonal array terpilih dengan memperhatikan grafik linier dan tabel triangular. Kedua hal tersebut merupakan alat bantu penugasan faktor yang dirancang oleh *Taguchi*. Grafik linier mengindikasikan berbagai kolom ke mana faktor-faktor tersebut. Tabel triangular berisi semua hubungan interaksi-interaksi yang mungkin antara faktor-faktor (kolom-kolom) dalam suatu OA.



(Sumber: Lindawati, 2009)

Gambar 2.9 Contoh Grafik Linier

2.7.2 Langkah-langkah Desain Parameter

Beberapa langkah-langkah diperlukan untuk desain parameter dan analisa data, dibedakan berdasarkan tipe dari karakteristik kualitas-nya, yaitu:

1. Karakteristik *Smaller-the-Better* dan *Larger-the-Better*
 - a. Menggambarkan faktor-faktor yang mempengaruhi respon kualitas produk atau proses dari eksperimen yang ingin dilakukan.
 - b. Memilih table OA yang sesuai untuk inner dan *outer array*, dan menempatkan faktor kontrol dan pengganggu ke dalam *array-array* tersebut.
 - c. Melakukan eksperimen, dan menghitung SN Ratio untuk setiap baris dari *inner array*
 - d. Mencari faktor-faktor signifikan yang mempengaruhi SN Ratios dengan menggunakan ANOVA (atau Pareto ANOVA), dan mencari kondisi optimum untuk faktor-faktor yang signifikan.
 - e. Untuk faktor-faktor yang tidak signifikan, mencari kondisi optimum berdasarkan pertimbangan lain seperti ekonomi, kemampuan dan kemudahan operasi.

- f. Mengestimasi rata-rata respons dari kondisi optimum secara keseluruhan, dan melakukan tes konfirmasi pada kondisi optimum tersebut untuk memeriksa apakah kondisi optimum tersebut dapat mencapai respons kualitas yang diinginkan
2. Karakteristik *Nominal-the-Better*
 - a. Menggambarkan faktor-faktor yang mempengaruhi respon kualitas produk atau proses dari eksperimen yang ingin dilakukan.
 - b. Memilih table OA yang sesuai untuk *inner* dan *outer array*, dan menempatkan faktor kontrol dan pengganggu ke dalam *array* tersebut.
 - c. Melakukan eksperimen, dan menghitung SN Ratio dan Sensitifitas untuk setiap baris dari *inner array*.
 - d. Mencari faktor kontrol yang signifikan mempengaruhi SN Ratio dengan (*Pareto*) ANOVA, yang akan disebut *Dispersion control factor*. Dan mencari faktor kontrol yang signifikan mempengaruhi sensitifitas dengan (*Pareto*) ANOVA, yang akan disebut *mean adjustment factor*.
 - e. Mencari kondisi optimum untuk *dispersion control factor* (level-level dari faktor kontrol yang memaksimalkan *SN Ratio*) dan *mean adjustment factor* (level-level dari faktor kontrol yang memberikan estimasi respon paling dekat dengan target).
 - f. Mengestimasi rata-rata respons dari kondisi optimum secara keseluruhan, dan melakukan tes konfirmasi pada kondisi optimum tersebut untuk memeriksa apakah kondisi optimum tersebut dapat mencapai respon kualitas yang diinginkan.

2.8 Analisa dalam Hasil Eksperimen

2.8.1. Analisa Rata-rata (ANOM)

ANOM atau analisis rata-rata, digunakan untuk mencari kombinasi dari parameter kendali sehingga diperoleh hasil yang optimum sesuai dengan keinginan. Caranya adalah membandingkan nilai rata-rata *S/N Ratio* setiap level dari masing-masing parameter kendali dengan menggunakan grafik *S/N*

Ratio terhadap level. Dari perbandingan tersebut dapat diketahui apakah parameter kendali yang dimaksud berpengaruh terhadap proses atau tidak.

Ada pun yang dapat menjadi kombinasi dan parameter kendali yang dapat digunakan meliputi:

a. Pemilihan produk bermasalah

Langkah ini dilakukan agar dapat teridentifikasinya faktor-faktor ketidaksesuaian yang terjadi.

b. Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan alat statistik yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya jumlah kejadian. Sehingga, diagram ini sering dipakai dalam pengendalian mutu. Dengan menggunakan diagram ini dapat diketahui dengan mudah apa saja yang penyebab terjadinya produk cacat.

c. Pengendalian Proses Statistik Data Variabel

Yang dimaksud dengan *ata variable* adalah data mengenai ketepatan produk yang masih berada dalam proses dengan standar yang telah ditetapkan. Pengukuran ini meliputi pengukuran panjang, diameter, ketebalan, lebar, dan sebagainya. Penyimpangan dari pengukuran yang diharapkan tetapi masih dibawah atas (UCL) atau diatas bawah (LCL) masih dianggap sebagai produk yang baik yang berarti dalam proses terdapat berbagai variasi atau penyimpangan. Namun bila data pengukuran yang dihasilkan ada diluar batas pengendalian, baik diatas batas atas maupun batas bawah maka proses proses produksi dianggap berada di luar batas pengendalian (*out of control*) yang berarti proses tersebut mengalami kerusakan. Oleh karena itu perlu ada revisi terhadap peta pengendalian tersebut sehingga data pengukuran berada di dalam batas pengendalian (*in control*). Pengukuran yang ada pada center line adalah pengukuran yang diharapkan dapat tercapai. Penyimpangan yang dimaksud adalah penyimpangan dari pengukuran nilai tengah (*center line*).

d. Pengendali Mutu Proses Statistik Data Atribut

Yang dimaksud dengan data atribut adalah data mengenai ketepatan pengukuran produk yang masih berada dalam proses dengan standar yang telah ditetapkan. Pengukuran ini meliputi pengukuran cacat atau tidak, nayala

atau tidak, dan sebagainya. Penyimpangan dari pengukuran yang diharapkan tetapi masih ada di bawah batas atas (UCL) atau diatas batas bawah (LCL) atau ada dibawah batas bawah masih dianggap sebagai produk yang baik yang berarti dalam proses terdapat berabagi variasi atau penyimpangan. Namun bila data pengukuran yang dihasilkan ada diluar batas pengendalian yaitu yang ada diatas batas, maka proses produksi tersebut dianggap berada di luar batas pengendalian (*out of control*) yang berarti proses tersebut mengalami kerusakan. Data pengukuran yang ada dibawah batas bawah (LCL) justru produk yang baik karena jumlah atau proporsi produk cacatnya kecil. Bila data ada diluar batas pengendalian, perlu diadakan revisi terhadap peta pengendalian tersebut sehingga data pengukuran berada di dalam batas pengendalian (*in control*).

Alat bantu yang paling umum digunakan dalam pengendalian proses statistikal adalah peta kendali (Control Chart) yang dikutip dari buku Manajemen Kualitiats . Fungsi peta kendali secara umum adalah:

1. Membantu mengurangi variabilitas produk.
2. Memonitor kinerja proses produksi setiap saat.
3. Memungkinkan proses koreksi untuk mencegah penolakan.
4. *Trend* dan kondisi di luar kendali dapat diketahui secara cepat.

Peta kendali dibuat secara kontinyu dalam suatu interval keyakinan tertentu, biasanya 3 standar deviasi (3σ). Diagram ini memuat 3 macam garis batas, yaitu:

- 1) Batas kendali atas (Upper Control Limit – UCL)
- 2) Rata-rata kualitas sampel
- 3) Batas kendali bawah (Lower Control Limit – LCL)

Sampel yang berada dalam rentang UCL – LCL dikatakan berada dalam kendali (*in-control*), sedangkan yang berada di luar rentang tersebut dikatakan diluar kendali (*out-of-control*). Secara umum peta kendali dapat digolongkan dalam 2 kategori, yaitu:

- 1) Peta kendali variabel
- 2) Peta kendali atribut

Peta Kendali Variabel Data yang diplotkan adalah data variabel, yaitu data yang memiliki ukuran, misalnya berat, panjang, waktu, panas, dan lain-lain. Yang merupakan peta kendali variabel adalah *R-chart*, *X-chart*, dan *S-chart*.

Peta Kendali Atribut Data yang diplot pada peta kendali ini adalah data atribut, yaitu data yang hanya memiliki dua karakteristik, memenuhi atau tak memenuhi (*go or no go*) spesifikasinya. Sebenarnya data yang bersifat variabel dapat diubah menjadi data yang bersifat atribut dengan menetapkan suatu batasan yang memisahkan antara produk yang sesuai dengan produk yang tidak sesuai.

Data yang berupa atribut dapat diperoleh lebih cepat daripada data variabel. Ada empat macam peta kendali data atribut, yaitu:

- a. Peta kendali fraksi defektif (*p-chart*)
- b. Peta kendali jumlah defektif (*np-chart*)
- c. Peta kendali jumlah cacat (*c-chart*)
- d. Peta kendali cacat per unit (*u-chart*)

Peta kendali P memiliki rumus sebagai berikut:

$$p = np/n$$

np : Jumlah gagal dalam subgrup (bulan)

n : Jumlah yang diperiksa dalam subgrup

Menghitung garis pusat atau center line dengan memasukan rata-rata kerusakan produk dengan rumus sebagai berikut:

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$\sum np$: Jumlah total yang cacat

$\sum n$: Jumlah total yang diperiksa

Setelah menghitung center line kemudian menghitung batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL), berikut rumus batas kendali atas dan batas kendali bawah:

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\sum n}}$$

Kemudian menghitung batas kendali bawah dengan memasukan persamaan sebagai berikut:

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{\Sigma n}}$$

e. Kapabilitas Proses

Simpangan baku (S) atau standar deviasi adalah nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data individu ke mean atau rata-rata nilai sampel. Sebuah standar deviasi dari kumpulan data sama dengan nol menandakan bahwa semua nilai dalam himpunan tersebut adalah sama, sedangkan nilai deviasi yang lebih besar menunjukkan bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata (Mikhail,1981). Varian dan simpangan baku merupakan ukuran-ukuran variasi yang sering dipakai oleh semua orang. Dasar penghitungan varian dan simpangan baku merupakan tujuan untuk mengetahui variasi dari kelompok data. Berikut rumus simpangan baku:

$$S = \sqrt{pbar (1 - pbar)/n}$$

Keterangan :

Pbar : batas tengah data

n : banyaknya data

Kapabilitas proses merupakan suatu analisis variabilitas relatif terhadap persyaratan atau spesifikasi produk serta untuk membantu pengembangan produksi dalam menghilangkan atau mengurangi banyak variabilitas yang terjadi. Kapabilitas proses ini merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang diterapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan (Gaspersz, 2002). Ada dua cara memikirkan variabilitas ini :

- a. Variabilitas yang menjadi sifat atau alami pada waktu tertentu yakni variabilitas 'seketika'
- b. Variabilitas meliputi waktu

Diantara penggunaan data yang utama dari analisis kemampuan proses adalah sebagai berikut :

- a. Memperkirakan seberapa baik proses akan memenuhi toleransi
- b. Membantu pengembang atau perancang produk dalam memilih atau mengubah proses
- c. Membantu dalam pembentukan interval untuk pengendalian interval

antara pengambilan sampel

- d. Menetapkan persyaratan penampilan bagi alat baru
- e. Memilih diantara penjual yang bersaing
- f. Mengurangi variabilitas dalam proses produksi

Suatu proses dikatakan memiliki kemampuan yang baik jika penyebaran variasi alami sesuai dengan penyebaran batas yang ditentukan. Dengan kata lain, rasio berikut harus lebih besar dari 1:

$$Cp = \frac{UCL - LCL}{6(S)}$$

Dimana:

UCL : Upper Control Limit

LCL : Lower Control Limit

S : Standar deviasi proses

Nilai $Cp > 1$ jika standar batas yang ditentukan lebih besar dari batas kendali, dalam hal proses ini berpotensi mampu dan (mungkin) menghasilkan produk yang memenuhi atau melampaui persyaratan pelanggan. Nilai $Cp < 1$ jika batas yang ditentukan standar lebih kecil dari batas kontrol. Prosesnya dikatakan tidak mampu.

Untuk mengkarakteristikan proses centering maka Cpk harus dibandingkan dengan Cp yaitu dengan menggunakan spesifikasi satu sisi

Keterangan :

$$CpL = \frac{X - LCL}{3(S)} \quad CpU = \frac{UCL - X}{3(S)}$$

C_{pu} adalah rasio kemampuan proses atas

C_{pl} adalah rasio kemampuan proses bawah

sehingga C_{pk} diformulasikan dengan:

$$C_{pk} = \min , (C_{pu} , C_{pl})$$

Nilai standar sigma untuk Cpk adalah sebagai berikut :

1. $Cpk < 0$, menunjukkan rata-rata proses diluar batas spesfikasi, berarti *akurasi* rendah.

2. $0 < Cpk < 1.5$, menunjukkan *akurasi* dan *presisi* masih rendah jika nilai $Cpk < 1.5$, tetapi jika nilai $Cp > 1.5$, maka *presisi* tinggi tetapi *akurasi* rendah.
3. $Cpk > 1.5$, jika diikuti nilai $Cp > 1$, maka proses kapabel dan *akurasi* serta *presisi* tinggi. Tetapi jika nilai $Cp < 1$, berarti tingkat *akurasi* tinggi dan *presisi* rendah.

2.8.2 Analisa Varians (ANOVA)

ANOVA atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *sum of square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali.

Analisis varians pada metode *Taguchi* digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis Varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. ANOVA yang digunakan dalam hasil eksperimen dengan *Taguchi* pada umumnya adalah analisa ANOVA dua arah. ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Tabel ANOVA dua arah terdiri dari perhitungan derajat bebas (db), jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F-rasio yang ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 2.4 Perhitungan dengan ANOVA

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan	SS	MS	Fhitung	Kontribusi
Faktor A	VA	SSA	MSA	MSA/Mse	AA.A/SST
Faktor B	VB	SSB	MSB	MSB/Mse	SS.B/SST
Interaksi A x B	VA x VB	SSA x B	MSA x B	NSA x b/MSe	SS.A x B/SST
Residual	Ve	Sse	Mse		SS.e/SST
Total	VT	SST			100%

(Sumber Riduwan.2012)

a. Sum of Square (SS)

Sum of Square adalah jumlah variansi nilai *S/N Ratio* dari setiap level pada masing-masing parameter kendali.

b. Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan dihitung sesuai dengan rumus yang sudah dijelaskan pada sub-bab *Orthogonal Array*.

c. *Mean Square* (MS)

Mean square adalah hasil rata-rata dari jumlah variansi (SS) berdasarkan derajat kebebasannya masing-masing, dihitung dengan cara membagi jumlah variansi (SS) dengan derajat kebebasan (V).

d. Uji-F

Uji-F dipergunakan untuk menilai pengaruh perbedaan setiap faktor yang direpresentasikan dengan nilai rata-rata (μ), untuk melihat apakah layak mengasumsikan bahwa tidak ada perbedaan pada rata-rata populasi yang disebabkan oleh faktor-faktor tersebut. Pengujian dimulai oleh spekulasi dengan hipotesa nol (H_0), yaitu semua rata-rata populasi untuk semua faktor sama (tidak ada perbedaan). Lalu, hipotesa alternatif (H_1), yaitu sekurang-kurangnya terdapat satu faktor yang berbeda. Jika F-hitung lebih besar sama dengan $F(a;f_i,f_e)$, maka diterima hipotesa alternatif bahwa terdapat perbedaan pengaruh faktor yang signifikan.

2.8.3. *Parreto ANOVA*

Pareto Anova adalah sebuah metode ANOVA yang disederhanakan dengan menggunakan prinsip Pareto. Metode ini dapat digunakan dengan lebih mudah dan cepat untuk menganalisa desain parameter karena tidak membutuhkan sebuah tabel ANOVA pada umumnya, dan juga tidak menggunakan *f-test*. Metode ini juga membolehkan signifikansi dari faktor-faktor dan interaksinya untuk dievaluasi dengan menggunakan analisa pareto, dan juga memungkinkan untuk memperoleh kondisi yang optimum dari setiap level pada faktor.

Square of difference adalah kuadrat dari selisih antara level-level pada tiap faktor. Rasio kontribusi (*contribution ratio*) didapatkan dengan cara membandingkan kuadrat selisih setiap masing-masing faktor dengan total dari kuadrat selisih. Contohnya untuk faktor A adalah sebagai berikut:

$$S_A = (A_0 - A_1)^2$$

$$S'_A = S_A / \Phi_A$$

$$\text{Rasio Kontribusi} = (S'_A / S_T) \times 100\%$$

Faktor-faktor pada area yang diarsir pada diagram Pareto dianggap sebagai penyebab yang signifikan terhadap variasi. Dengan catatan, faktor-faktor signifikan yang terpilih diletakkan di sebelah kiri pada diagram *Pareto*, secara kumulatif memberikan kontribusi sekitar 90%.

Sedangkan untuk memilih kondisi yang optimal pada setiap faktor terkendali dapat dilihat dari besarnya nilai *S/N Ratio* untuk setiap level, yaitu yang memiliki nilai *S/N Ratio* tertinggi.

2.9. Kajian Penelitian Relevan

Tabel 2.5. Kajian Penelitian Relevan

No.	Nama (Tahun)	Judul	Penjabaran
1.	Arief Suwandi (2016)	PENINGKATAN KUALITAS UNTUK MEMINIMASI CACAT PRODUK CAT POLYURETHANE DENGAN METODE <i>TAGUCHI</i>	<p>Peningkatan kualitas merupakan sesuatu yang sangat esensial bagi sebuah industri manufaktur agar terus menjaga keberlangsungan produksi dan peningkatan keuntungan perusahaan. Produk Cat Polyurethane merupakan salah satu jenis produk cat yang banyak digunakan dan begitu besar pangsa pasarnya, karena jenis produk ini tahan lama dan tidak mudah berjamur, mempunyai karakteristik anti gores dan daya kilap (gloss) yang tinggi. Permasalahan yang banyak terjadi pada produksi cat polyurethane adalah hasil viskositas produksi tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Hal ini sangat mengganggu proses produksi, karena lead time produk akan panjang. Pengujian viskositas merupakan unsur penting dalam industri cat, karena viskositas sangat berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan apakah cat terlalu kental atau cat terlalu encer. Jika cat terlalu encer ataupun cat terlalu kental ini akan berdampak pada saat cat akan digunakan oleh konsumen. Tahapan perbaikan secara berkelanjutan dan dengan pengendalian kualitas pada tahap desain eksperimen serta tahap proses produksi dengan menggunakan Metode <i>Taguchi</i> diupayakan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Metode ini berfokus untuk mengeliminasi penyebab rendahnya kualitas dan menghasilkan performansi produk yang sensitif terhadap keragaman. Rata-rata produk <i>defect</i> pada perusahaan diatas 5%, secara detail diuraikan berdasarkan jenis kecacatan terdiri dari viskositas (tingkat kekentalan) 54%, <i>Glossy</i> (tingkat kilap cat) 23,8 % dan <i>specific Gravity</i> (berat jenis cat) tidak sesuai spesifikasi perusahaan sebesar 22,1 %. Analisis dari pengendalian kualitas yang diterapkan menggunakan fishbone diagram dan <i>pareto</i></p>

			<p><i>chart</i> serta <i>control chart</i> menghasilkan bahwa faktor dan subfaktor penyebab ketidak sesuaian spesifikasi produk cat <i>polyurethane</i> adalah tenaga kerja (<i>Man Power</i>) dengan subfaktor kurang konsentrasi dan kurang terampil, Material dengan subfaktor penanganan material dan jenis thinner.</p> <p>Machine dengan subfaktor mesin kotor.</p> <p>Method dengan subfaktor pengecekan dan perlakuan proses.</p> <p>Environment dengan subfaktor temperatur. Selanjutnya dengan menggunakan <i>Taguchi Method</i> didapatkan Setting dan model pengaturan yang tepat untuk cat <i>polyurethane</i> agar di hasilkan viskositas yang sesuai spesifikasi perusahaan adalah faktor A (pengadukan) adalah 900 rpm, faktor B (jenis thinner) adalah THPU-2713-06, faktor C (perlakuan proses) adalah tangki ditutup, dan faktor D (pengecekan) adalah dengan suhu 300.</p>
1.	Aulia Rachman Hasibuan, dkk (2018)	ANALISA MUTU MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN METODE <i>TAGUCHI</i> (Studi Kasus Di PT. Sumber Sawit Makmur)	<p>PT. Sumber Sawit Makmur merupakan perusahaan yang bergerak dalam pengolahan kelapa sawit yang tidak lepas dari masalah yang berhubungan dengan mutu hasil pengolahan TBS menjadi Minyak kelapa sawit yang diakibatkan oleh tidak sesuainya dengan standar kualitas/mutu. Hal ini dapat terlihat dengan frekuensi kecacatan yang terjadi pada produksi kelapa sawit akibat kerusakan tersebut target produksi tidak tercapa peningkatan mutu Minyak Kelapa sawit pada perusahaan ini adalah dengan melakukan identifikasi faktorfaktor yang berpengaruh terhadap Mutu Minyak Kelapa sawit dengan menggunakan metode <i>Taguchi</i> untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh dan meningkatkan Mutu Minyak Kelapa sawit. Dari hasil penelitian yang telah diselesaikan rata-rata dari setiap faktor yang memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap Mutu Minyak Kelapa sawit. Dimana nilai G1 (Unit Klarifikasi) sebesar 19.75. D1 (Tekanan pada perebusan) sebesar 26 dan B2 (Lama</p>

			penimbunan pada loading ramp) sebesar 25,5. Dari pengolahan data dan analisa dapat diketahui bahwa pengaruh kualitas disebabkan tiga faktor utama yaitu unit klarifikasi, tekanan pada perebusan dan lama penimbunan pada loading Ramp)
3.	Rismawati, dkk (2020)	ANALISIS QUALITY CONTROL TERHADAP RESIKO KERUSAKAN PRODUK AIR MINERAL CLUB PADA PT. TIRTA SUKSES PERKASA TAKALAR	Pengendalian kualitas produksi yang dilakukan oleh PT. Tirta Sukses Perkasa-Takalar mulai pengawasan dari awal, proses produksi sampai dengan produk akhir telah dilakukan dengan baik, akan tetapi masih ditemukan banyak produk cacat atau rusak yang dihasilkan perusahaan tiap produksi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh <i>Quality Control</i> terhadap resiko kerusakan produk Air Mineral Club serta mencari solusi perbaikan. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen <i>Taguchi</i> . Hasil dari penelitian ini memperoleh dari hasil analisis rancangan metode <i>Taguchi</i> untuk dapat mengetahui faktor-faktor yang paling dominan mempengaruhi kerusakan produk. Karakteristik yang digunakan adalah signal to noise ratio (SNR) menggunakan SN smaller the better, karena semakin kecil nilai yang didapat maka akan semakin baik. faktor yang paling berpengaruh dan paling berkontribusi besar terhadap kerusakan produk adalah faktor proses labeling 5000 pcs/jam, faktor proses packing 10000 pcs/jam, faktor proses heatering 10000 pcs/jam, faktor coding 5000 pcs/jam, dan faktor air 600 ml.
4.	Emmalia Adriantantri, dkk (2020)	ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI PADA UMKM RUBBER SEAL RM PRODUCTS GENUINE PARTS SUKUN, MALANG	RM Products Genuine Parts merupakan UMKM yang memproduksi rubber seal. Produk O-Ringnya memiliki jumlah rata-rata produk cacat 26% yang melebihi standar perusahaan yaitu 5% yang disebabkan oleh faktor bahan baku dan proses produksi. RM Products Genuine Parts menerapkan metode <i>Taguchi</i> yang dilakukan melalui eksperimen, uji ANOVA dan uji F untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap kecacatan. Tujuan penelitian ini adalah usulan perbaikan berupa kombinasi faktor dan level faktor optimal sebagai upaya

			<p>mengurangi produk cacat. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kombinasi faktor dan level faktor optimal yaitu faktor A (tebal karet) level 3 (1,5 cm), faktor B (berat karet) level 2 (5 gram), faktor C (suhu mesih) level 1 (135°C) dan faktor D (waktu pressing) level 2 (6 menit). Nilai variabilitas menurun dari 30,28 menjadi 17,8998 dan persentase produk cacat menurun dari 26,1% menjadi 11,75% yang masih melebihi standar maksimum cacat yang diinginkan perusahaan, karena hanya menganalisis faktor bahan baku dan mesin press manual.</p>
5.	Hagni Wijayanti, dkk (2021)	METODE <i>TAGUCHI</i> DALAM ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK FURNITURE	<p>Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas produk furniture di PT. Hadinata Brothers, menemukan penyebab kualitas produk yang tidak sesuai spesifikasi, faktor-faktor penyebab produk cacat yang signifikan, menemukan kombinasi pengaturan yang optimal dan meminimalkan produk cacat agar menjaga kualitas yang baik menggunakan Metode <i>Taguchi</i>. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produk cacat di PT. Hadinata Brothers. Selanjutnya, data tersebut diolah menggunakan beberapa metode diantaranya diagram pareto, diagram sebab akibat (fishbone), Metode <i>Taguchi</i>, <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA). Dari hasil analisis, pengendalian produk cacat 36,4% berada di luar batas bawah kendali dan 85,7% berada diluar batas atas kendali dengan batas-batas kendali $CL = 0,0572$, $UCL = 0,0818$, $LCL = 0$. Adapun persentase cacat tertinggi adalah penanganan, yaitu sebesar 59,5%, urutan kedua adalah perakitan, yaitu sebesar 23,3%, dan urutan ketiga adalah finishing, yaitu sebesar 17,2%. Faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk berdasarkan hasil perhitungan ANOVA yaitu faktor A (penanganan bahan baku) dan faktor B (jenis kayu) karena $F_{hit} > F_{tabel}$ yaitu berturut-turut $6,2178 > 2,37$ dan $2,3895 > 2,37$.</p>