

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kualitas

2.1.1 Definisi Kualitas

Proses kelahiran suatu produk dimulai ketika diterimanya informasi mengenai apa yang diinginkan, diperlukan dan diharapkan oleh konsumen yang kemudian diterjemahkan oleh desainer (*engineer*) dalam bentuk spesifikasi produk yang berupa gambar, dimensi, toleransi, material, proses serta alat bantu (Ross, 1996). Perwujudan produk melalui proses pembuatan dimungkinkan karena adanya informasi tersebut dan kerjasama antara manusia, mesin, material dan metode kerja.

Ada banyak definisi mengenai kualitas, menurut Deming, kualitas adalah suatu interaksi antara produk, konsumen dengan caranya menggunakan produk tersebut. Definisi lain, kualitas merupakan pertemuan atau pencapaian dari keinginan atau harapan konsumen sehingga ukuran kualitas didasarkan pada kepuasan konsumen.

J.M. Juran mendefinisikan kualitas produk sebagai kualitas kecocokan untuk digunakan oleh konsumen (Bagchi, 1993). Kecocokan tersebut didefinisikan dalam 5 dimensi, yaitu ; (1) penampilan produk sesuai dengan yang diduga konsumen, (2) produk dapat dipercaya kualitasnya, (3) mudah dalam perbaikan, (4) mudah pemeliharaannya, dan (5) memenuhi nilai-nilai keindahan.

Selain itu Juran juga mendefinisikan dua komponen dasar dari kualitas, yaitu fitur produk dan kesesuaian atau kemampuan produk dalam memenuhi fitur produk

tersebut. Fitur produk adalah karakteristik yang membuat produk tersebut menarik untuk konsumen. Sedangkan kesesuaian yang dimaksud adalah kemampuan produk untuk secara konsisten memberikan *on-target performance* setiap saat digunakan dibawah semua kondisi operasional tanpa ada efek samping.

Dari berbagai definisi mengenai kualitas di atas, terlihat bahwa konsumen merupakan evaluator kualitas karena pada akhirnya konsumen yang memutuskan suatu kualitas bukan insinyur atau manajer produksi. Kepuasan konsumen merupakan definisi praktis dari kualitas tinggi (Ross, 1996).

2.1.2 Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas merupakan hasil dari suatu proses yang berkaitan dengan kualitas. Dalam desain Taguchi karakteristik kualitas (variabel tak bebas) dapat berupa (Peace, 1996) :

1. *Measurable Characteristics*

Karakteristik atau respon yang dapat diukur pada skala kontinu, artinya jumlah tak hingga dari suatu harga dapat terjadi dimana saja diantara nilai sangat rendah dan sangat tinggi. Ada 3 tipe, yaitu :

a. *Larger the Better*

Pencapaian karakteristik kualitas semakin besar akan semakin baik, contohnya adalah kekuatan tarik, ketahanan terhadap korosi, efisiensi, waktu antar kerusakan dll.

b. *Nominal is the Best*

Karakteristik kualitas yang menuju pada suatu nilai atau target tertentu, contohnya adalah berat, tekanan, panjang, lebar dll.

c. *Smaller the Better*

Pencapaian karakteristik kualitas semakin kecil (mendekati nol) semakin baik, contohnya adalah produk gagal, residu, waktu proses, pemborosan energi dll.

2. *Attribute Characteristic*

Karakteristik atau respon yang bersifat diskrit, pencatatan diklasifikasikan berdasarkan sifat atau persyaratan yang telah ditetapkan. Contohnya adalah banyak cacat yang terjadi pada produk atau pola kerusakan dapat dibagi dalam kelas sangat serius, serius, agak serius dan tidak serius.

3. *Dynamic Characteristics*

Melibatkan pengukuran yang lebih kompleks. Contohnya adalah dalam sistem pendingin ruangan (AC), input berupa pengaturan suhu dan output berupa suhu yang dipengaruhi oleh cuaca dan jumlah orang dalam ruangan.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (variabel respon) pada sebuah produk dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Control factor (Z)*

Merupakan parameter yang nilainya dikendalikan dalam desain eksperimen.

2. *Noise factor (X)*

Merupakan parameter yang tidak dapat dikontrol, sehingga menyebabkan variasi pada karakteristik kualitas dan ketidakstabilan dari proses

3. *Signal factor (M)*

Merupakan faktor yang dipilih untuk mendapatkan karakteristik kualitas pada target. Perubahan nilai setting-nya berpengaruh pada rata-rata respon.

Karakteristik kualitas pada rancangan percobaan dimana *signal factor* ditetapkan sebagai nilai konstan dinamakan karakteristik fungsi statis.

4. *Scaling factor* (R)

Merupakan faktor yang digunakan untuk perubahan level rata-rata karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara *signal factor* dan *variable respon* untuk karakteristik fungsi dinamis.

2.1.3 Pengendalian Kualitas

Kualitas dalam konteks peningkatan adalah bagaimana baiknya kualitas suatu produk (barang atau jasa) memenuhi spesifikasi atau persyaratan dan toleransi yang ditetapkan oleh bagian desain dan pengembangan dari suatu perusahaan. Sehingga dalam suatu proses produksi diperlukan aktivitas keteknikan dan manajemen yang meliputi pengukuran ciri-ciri kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan sebenarnya dengan yang standar (Montgomery, 1998). Tujuan utama pengendalian kualitas statistik adalah pengurangan variabilitas yang sistematis dalam suatu karakteristik kualitas produk. Dalam upaya mencapai, mempertahankan, dan memperbaiki kualitas dari suatu produk atau jasa pengendalian kualitas dibagi menjadi 2 kategori (Gambar 2.1), yaitu :

1. *On-line Quality Control*

Usaha pengendalian kualitas saat proses produksi sedang berjalan yang meliputi pendiagnosaan dan penyesuaian proses, pengontrolan proses, dan inspeksi hasil proses.

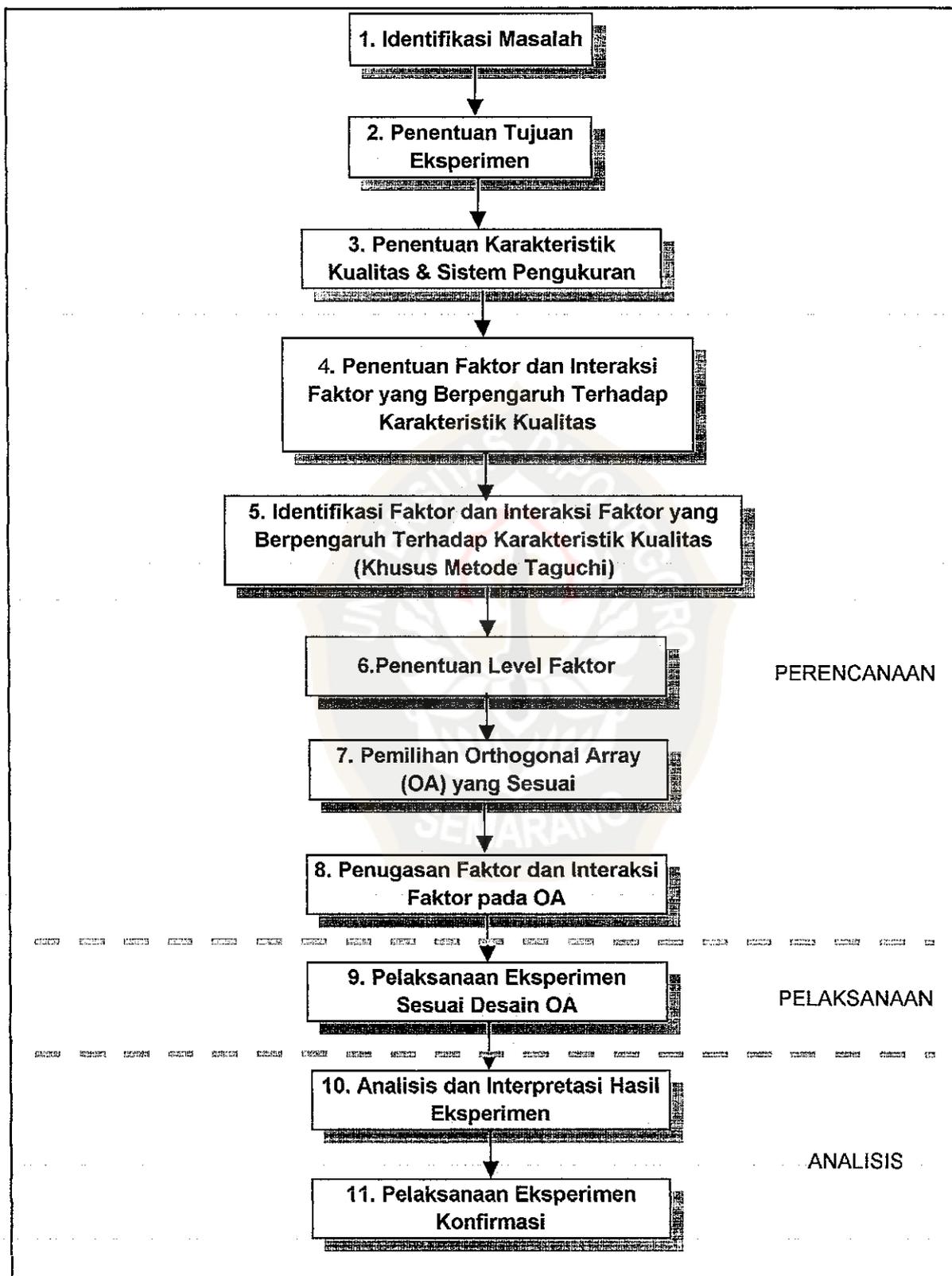
2. *Off-line Quality Control*

Usaha pengendalian kualitas yang bertujuan untuk mengoptimalkan desain proses dan produk sebagai pendukung dari *on-line QC*. Usaha ini dilakukan sebelum proses produksi berjalan.

Off-line QC merupakan pengendalian kualitas yang mengoptimalkan desain proses dan produk untuk mendukung *on-line QC*. Perancangan eksperimen merupakan alat fundamental dalam *off-line QC*. Eksperimen berperan dalam mengidentifikasi sumber-sumber variasi serta menentukan optimasi dari desain dan hal ini dapat dilakukan melalui simulasi produksi. Penemuan pada sumber variasi merupakan fokus terpenting *off-line QC*. Hasil level terbaik faktor terkontrol *off-line QC* akan menciptakan suatu target yang digunakan saat *on-line QC* dan merupakan pemecahan yang dihadapi pada produksi.

2.2 Desain Eksperimen

Desain eksperimen (*Design of Experiment*) merupakan suatu pendekatan sistematis yang memvariasikan faktor input terkontrol untuk kemudian diobservasi efek-efeknya terhadap variabel output. Eksperimen ini adalah alat yang sangat berguna dalam menemukan variabel-variabel yang berpengaruh pada karakteristik kualitas tertentu (Montgomery, 1991).



Gambar. Langkah-Langkah Perancangan Eksperimen

Dalam konteks perbaikan kualitas ada beberapa hal yang berkaitan, yaitu :

1. Kualitas hanya dapat ditingkatkan dengan peningkatan pengetahuan dan pemahaman terhadap kebutuhan konsumen (dimensi kualitas dan karakteristik kualitas).
2. Eksperimen perlu dilakukan untuk mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas yang dibutuhkan konsumen.
3. Pengetahuan atas faktor-faktor yang berpengaruh pada kualitas dapat digunakan untuk mencegah timbulnya masalah atau mengurangi variasi kualitas di masa yang akan datang.

Secara umum proses desain eksperimen terbagi menjadi 3 fase (Gambar 2.2), yaitu :

1. Perencanaan
2. Pelaksanaan
3. Analisis

Fase perencanaan adalah fase terpenting dalam mengumpulkan informasi yang dibutuhkan. Informasi tersebut diseleksi hingga menghasilkan faktor-faktor yang diperkirakan berpengaruh kemudian ditentukan levelnya untuk digunakan lebih lanjut dalam eksperimen.

Pada fase pelaksanaan, eksperimen yang telah direncanakan akan dilakukan dan data hasil eksperimen akan dikumpulkan. Apabila eksperimen telah direncanakan dan dilakukan dengan baik, maka fase analisis dapat dilakukan sesuai desain eksperimen yang dipilih.

2.3 Metode Taguchi

Metode Taguchi dikembangkan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 untuk melakukan perbaikan kualitas. Metode Taguchi merupakan *off-line QC*, artinya pengendalian kualitas preventif sebagai desain produk atau proses sebelum sampai pada produksi di tingkat *shop floor*. *Off-line QC* dilakukan pada saat awal dalam *life cycle* produk yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk berkualitas baik. Eksperimen dengan metode Taguchi bertujuan untuk mengidentifikasi faktor kunci yang mempunyai kontribusi terbesar pada variasi dan menentukan setting dengan hasil terbaik.

Hasil dari proses atau produk y tergantung pada pengaruh beberapa parameter yang saling bebas. Taguchi mengusulkan kebebasan efek utama yang dikenal dengan model aditif efek penyebab (faktor utama).

Model aditif berbentuk :

$$y = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_m + f_n + g_o + \varepsilon$$

dimana μ adalah nilai rata-rata y , $a_i, b_j, c_k, d_l, e_m, f_n, g_o$ adalah efek utama dari faktor yang berpengaruh A,B,C,D,E,F dan G, ε adalah eror.

Aditifitas mengasumsikan bahwa efek dari masing-masing faktor terpisah dan tidak ada efek interaksi. Alasan Taguchi dengan aditifitas dalam desain robust akan menyederhanakan analisis karena ketika hanya efek utama yang ada, bisa dilakukan sejumlah kecil eksperimen dengan OA (*orthogonal arrays*). Selain itu, jika banyak interaksi yang ada, kondisi optimum yang diraih melalui eksperimen mungkin menunjukkan respon yang non-optimum ketika levelnya diubah. Sehingga, efek faktor yang aditif memudahkan dalam mengidentifikasi karakteristik kualitas dan hubungannya dengan rasio S/N (*signal to noise ratio*).

2.3.1 Tahap-tahap Desain Proses Menurut Taguchi

Dalam metode Taguchi ada 3 tahap untuk mengoptimalkan desain produk atau proses produksi, yaitu :

1. Desain Sistem

Merupakan tahap pertama dalam desain dan merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam atau teknik, perubahan baru atau kombinasinya. Tahap ini adalah untuk memperoleh ide-ide baru dan mewujudkannya dalam produk baru atau inovasi proses.

2. Desain Parameter

Tahap ini bertujuan untuk mengurangi variasi dengan memilih faktor yang lebih baik dari proses yang diamati melalui percobaan secara statistik.

3. Desain Toleransi

Penentuan toleransi dari parameter yang berkaitan dengan kerugian pada masyarakat akibat penyimpangan produk dari target.

2.3.2 Orthogonal Arrays Metode Taguchi

Orthogonal arrays merupakan salah satu bagian dari *Fractional Factorial Experiment (FFE)* yang hanya menggunakan bagian tertentu dari semua kemungkinan kombinasi untuk mengestimasi efek faktor utama dan juga beberapa interaksi yang ada. Bisa separuh, seperempat atau seperdelapan dari kondisi total (*Full Factorial Experiment*).

Matriks orthogonal merupakan matriks angka yang disusun dalam kolom dan baris. Setiap kolom mewakili sebuah faktor atau kondisi spesifik yang dapat

diubah dalam tiap percobaan. Setiap baris mewakili keadaan faktor-faktor yang dieksperimenkan. Susunannya disebut orthogonal karena mempunyai kesetimbangan pada perbandingan level dari beberapa faktor, dimana semua kolom faktor tersebut dapat diestimasi dengan tidak tergantung satu sama lain.

Keuntungan *Orthogonal arrays* adalah kemampuan untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah tes yang minimum. Jika pada percobaan terdapat 7 faktor dengan 2 level, menggunakan *Full Factorial Experiment* akan diperlukan 2^7 buah percobaan. Dengan *Orthogonal arrays* jumlah percobaan yang diperlukan hanya 8 sehingga akan mengurangi waktu dan biaya percobaan serta lebih mudah dalam melakukan analisis data hasil percobaan.

Orthogonal arrays metode Taguchi telah menyediakan berbagai tabel OA untuk pengujian faktor-faktor dengan 2 dan 3 level dengan kemungkinan pengembangannya untuk pengujian *multiple level* (Ross, 1996). Selanjutnya tabel OA tersebut diberi simbol L_q , huruf q menunjukkan jumlah percobaan yang dilakukan. Misal, pengamatan dilakukan pada 7 faktor : A, B, C, D, E, F, dan G yang masing-masing mempunyai 2 level, maka pengamatan mempunyai 7 derajat bebas yang selanjutnya akan menggunakan matriks L_8 OA.

Tabel 2.1 Matriks L_8 OA

no	no kolom						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Keterangan tabel :

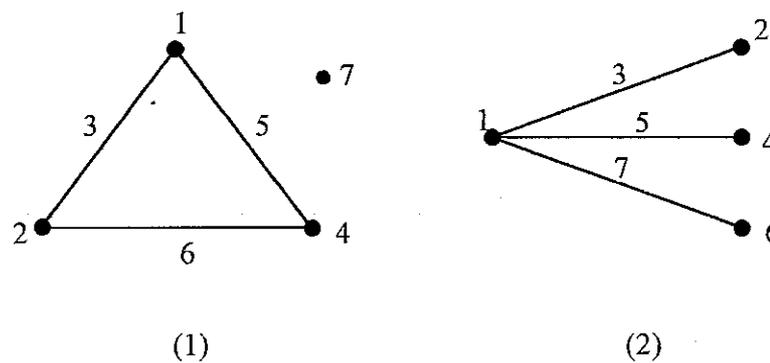
- ~ kolom merupakan faktor yang diamati
- ~ baris merupakan jumlah percobaan yang dilakukan
- ~ bilangan dalam sel merupakan level faktor yang diamati

Penugasan faktor-faktor baik faktor terkontrol maupun *noise* faktor serta interaksinya pada OA dipilih dengan memperhatikan :

- a. Grafik linier
- b. Tabel triangular

Kedua hal tersebut merupakan alat bantu penugasan faktor yang dirancang oleh Taguchi. Grafik linier mengindikasikan berbagai kolom kemana faktor-faktor dapat ditugaskan dan kolom berikutnya untuk mengevaluasi interaksi yang mungkin antara faktor-faktor (kolom) dalam suatu OA. Tabel triangular dikembangkan dari teori grafik linier dan digunakan untuk menentukan faktor dan interaksi pada kolom-kolom OA yang bersesuaian (Ross, 1996).

Sebagai contoh, orthogonal array $L_8 (2^7)$ mempunyai dua grafik linear (Gambar 2.3). Pada grafik linear (1), terdapat 4 titik yang mewakili kolom 1, 2, 4, dan 7. Juga ada 3 garis yang mewakili kolom 3, 5, dan 6. Garis ini merupakan interaksi antara kolom 1 dan 2, kolom 1 dan 4, serta kolom 2 dan 4. Demikian pula pada grafik linear (2).



Gambar 2.3 Grafik Linear Untuk $L_8(2^7)$ OA

2.3.3 Signal-to-Noise Ratio

Taguchi menggunakan rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*) pada eksperimen yang melibatkan banyak faktor (*multifactor experiment*). Formula rasio S/N didesain untuk memilih setting level terbesar dalam mengoptimalkan karakteristik kualitasnya. Sehingga, metode perhitungan rasio S/N tergantung pada karakteristik kualitas yang digunakan. Tujuan dari eksperimen multifaktor pada metode Taguchi adalah meminimalkan pengaruh karakteristik kualitas pada *noise factor*.

Berkaitan dengan itu pada desain eksperimen terdapat 2 tipe fungsi, yaitu fungsi statis dan fungsi dinamis. Disebut fungsi statis karena karakteristik kualitas yang digunakan mempunyai nilai target tetap untuk dioptimalkan (dimaksimalkan atau diminimalkan), sedangkan pada fungsi dinamis karakteristik kualitasnya mempunyai nilai target yang bervariasi.

Variabel respon (y) merupakan fungsi dari *noise factor* (X), *signal factor* (M), *control factor* (Z), dan *scaling factor* (R). Pada beberapa kasus, perubahan nilai *signal factor* berpengaruh pada variabel respon. Dalam fungsi statis, *signal*

factor nilainya konstan sehingga hanya memperhitungkan faktor kontrol dan noise, sedangkan pada fungsi dinamis *signal factor* nilainya bervariasi.

Model matematika desain Taguchi dengan berbagai parameter yang mempengaruhi adalah

$$y = f(X, M, Z, R)$$

Fungsi tersebut terdiri dari dua bagian, yaitu :

1. Bagian terprediksi

Merupakan bagian yang diinginkan $g(M; Z, R)$ mengarah pada *signal factor*.

2. Bagian tidak terprediksi

Merupakan bagian yang tidak diinginkan $e(M; Z, R)$ mengarah pada *noise factor*.

Dapat dituliskan $y = g(M; Z, R) + e(X, M; Z, R)$

Hubungan antara y dan M yang diinginkan adalah linier, sehingga fungsi $g(M; Z, R)$ harus linier termasuk semua efek *noise factor* dalam $e(M; Z, R)$.

Metode Taguchi dapat digunakan untuk menilai kualitas dengan definisi :

$$\eta = \frac{\text{variansi bagian yang diprediksi}}{\text{variansi bagian yang tidak diprediksi}}$$

$$\eta = \frac{V_g}{V_e}$$

Dengan analogi, η diubah dalam skala decibel (dB) :

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\text{variansi bagian yang diprediksi}}{\text{variansi bagian yang tidak diprediksi}} \right] = 10 \log_{10} \frac{V_g}{V_e}$$

Tujuan metode Taguchi adalah untuk memaksimalkan bagian terprediksi (*signal*) dan meminimalkan bagian tidak terprediksi (*noise*). Yang terbaik adalah memilih level Z dan R , sehingga rasio S/N dapat dijelaskan pada fungsi Z dan R :

$$\eta(Z, R) = 10 \log_{10} \left[\frac{V_s(Z, R)}{V_e(Z, R)} \right]$$

Dengan R adalah faktor yang digunakan untuk mengubah semua pengaruh rata-rata respon dan bagian terprediksi sehingga,

$$\eta(Z) = \max \eta(Z, R_{\text{konstan}})$$

kemudian rasio S/N dimaksimalkan dalam daerah asal Z .

Strategi optimalisasi Taguchi adalah mengukur rasio S/N dari respon untuk nilai terseleksi faktor kontrol (dan skala). Ketika faktor *signal* -nya konstan maka rasio S/N dapat didefinisikan sebagai $\eta = -10 \log_{10} [MSD]$

dimana MSD adalah deviasi kuadrat rata-rata, $MSD = \sigma_n^2 + [\bar{y} - m]^2$

dengan σ_n adalah standar deviasi, \bar{y} adalah y rata-rata dan m adalah nilai targetnya.