

MEMBANGUN KINERJA MANUFAKTURING MELALUI REKAYASA MUTU PRODUK

Oleh :
Sakuri Dahlan

ABSTRACT

Scheme of product of manufacturing have variabilitas in many ways, of dimension / measure , model, colour, form, assess ergonomis, strength of component developing the the product to various performance specification (performance).

Quality of a[n product can be woke up [pass/through] many way and steps ability of consumer and ability of manufakturing can proportional , so that input and output of product earn according to.

Thereby hence desire of consumer and desire of produsen can be woke up and each other profiting both storey; level scheme of nominal values product of selected critical parameter to yield a[n performances fulfilling one or more wanted quality. Source of active variation [of] in process of manufakturing cause schemes parameter and meant values in course of scheme change, and that arena peep out variation in response quality of him.

This source is known as derauvariasional (noise variational) or perfect ketidak process of manufakturing yielding product which vary from one unit to other.

PENDAHULUAN

Perancangan produk manufacturing mempunyai variabilitas dalam banyak cara, dari dimensi/ ukuran , model, warna, bentuk, nilai ergonomis, kekuatan komponen-komponen yang membangun produk tersebut sampai ke berbagai spesifikasi kinerja (*performance*)-nya. Mutu suatu produk dapat dibangun melalui banyak tahapan dan cara agar kemampuan konsumen dan kemampuan manufakturing dapat berimbang , sehingga antara masukan dan keluaran produk dapat sesuai. Dengan demikian maka keinginan konsumen dan keinginan produsen dapat dibangun dan saling menguntungkan keduanya.

Pada tingkat perancangan produk nilai-nilai nominal dari parameter-parameter kritis dipilih untuk menghasilkan suatu kinerja yang memenuhi satu atau lebih respons mutu yang diinginkan. Sumber variasi aktif dalam proses-proses manufakturing menyebabkan parameter-parameter perancangan dan nilai-nilai yang dimaksudkan dalam proses perancangan berubah, dan arena itu memunculkan variasi dalam respons mutunya. Sumber ini dikenal sebagai **derauvariasional** (*variational noise*) atau ketidak sempurnaan proses manufakturing yang menghasilkan produk yang bervariasi dari satu unit ke lainnya.

Sekali produk berada di tangan pemakai, sumber-sumber eksternal yang beroperasi dalam lingkungan tempat produk tersebut difungsikan diteruskan lewat perancangan dan menimbulkan variasi fungsional lebih lanjut dalam respons mutu. Hal ini dilakukan baik melalui konsumen , pengamat, ataupun penilai kekurangan mutu produk yang nantinya sampai ke sumer / produsen dikenal sebagai **derau luar** (*outer noise*). Contoh-contoh dari derau luar termasuk variasi pengendara dalam menginjak rem berakibat pada fungsi kampas rem; suhu, kelembaban, dll.

Ketika waktu berjalan dan penggunaan produk terus berlangsung, perubahan internal dalam karakteristik produk seperti pergeseran dari nilai nominal dalam fungsi waktu karena kemerosotan nilai bahan diteruskan lewat perancangan dan menimbulkan variasi lebih lanjut lagi dalam respons mutu. Sumber ini dikenal sebagai **derau dalam**

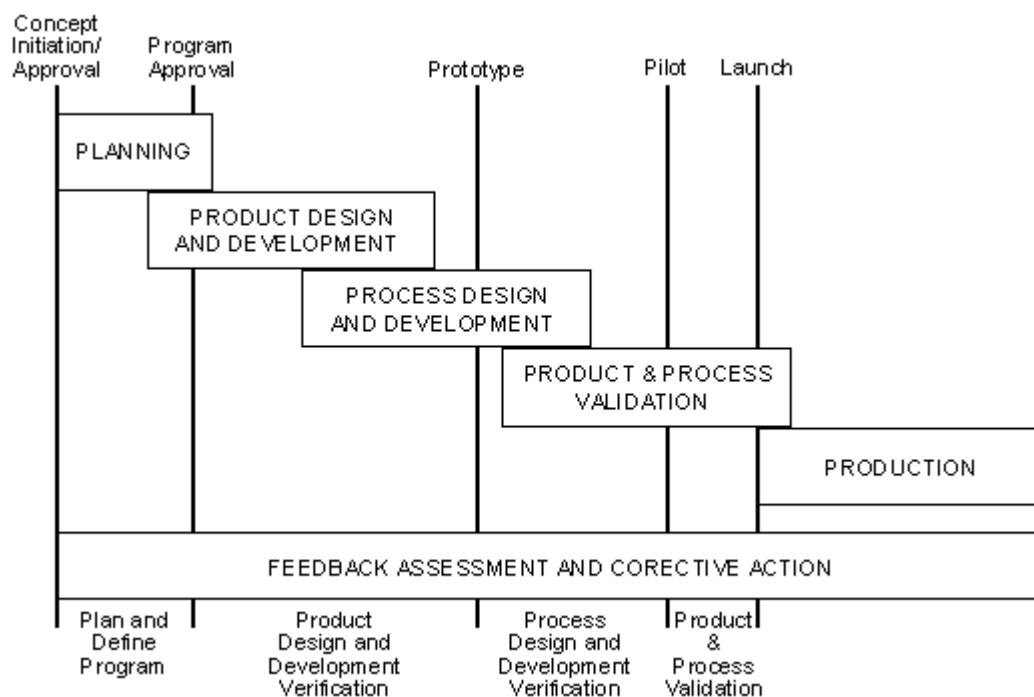
(*inner noise*). Derau dalam mungkin dipercepat oleh sesuatu seperti pemakaian mekanis dan penuaan bahan.

Pada sisi lain, industri nasional pada umumnya tidak mempunyai kemampuan penguasaan teknologi, berharap hasil perbaikan harus langsung dapat diterapkan ke *production lines* dan *production lines* harus tetap berjalan selama perbaikan berlangsung, dan menggunakan bahan baku yang mempunyai toleransi yang lebar, kualitas bahan yang rendah, dan mutu kinerja yang kurang baik. Kenyataan ini memaksa dicari terobosan untuk mendapatkan perbaikan kinerja manufacturing yang lebih bertumpu pada mutu perancangan system yang mampu bersaing secara kompetitif di pasar.

PERANCANGAN PRODUK YANG MENGEDEPANKAN MUTU

Sebuah industri dalam mengeluarkan produk hendaknya mendasarkan pada Advanced Product Quality Planning (APQP) dimana tujuannya adalah untuk menghasilkan suatu produk yang bermutu yang akan mendukung pengembangan produk sesuai dengan keinginan dan mencukupi pelanggan. Disamping itu produksi harus mengevaluasi keluaran untuk dapat menentukan kepuasan pelanggan dan mendukung peningkatan yang berkesinambungan

Perencanaan APQP yang berkualitas memerlukan 4 tahapan dan 5 aktivitas utama, yang akan bersama-sama memberikan umpan balik penilaian dan melakukan tindakan korektif secara berkelanjutan.



Suatu produk perlu dilakukan perencanaan yang matang agar sesuai dengan yang diinginkan. Perencanaan tersebut meliputi, pembuatan, proses, samapi dengan produk diproduksi, dan menghasilkan barang, pengepakan, dan distribusi.

Jika produk telah dilakukan perencanaan, maka buatlah perancangan produk, baik model, warna, bentuk, dan rancangan produk bila nantinya akan dikembangkan. Lakukanlah proses design dan pengembangan , melalui tahapan prototype produk, proses,

validasi kembali agar produk benar-benar siap untuk di proses. Jika tahapan-tahapan ini telah dilakukan maka lakukanlah proses produksi.

Keempat tahapan proses tersebut dan bagian-bagian apa saja yang perlu dilakukan oleh suatu industri agar sesuai dengan mutu yang diharapkan adalah sebagai berikut :

Plan and Define Program	Product Design and Development Verification	Process Design and Development Verification	Product & Process Validation
- Design Goals - Reliability & Quality Goals - Preliminary Bill of Materials - Preliminary Process Flow - Preliminary Listing of Special Product & Process Characteristics - Product Assurance Plan - Value Engineering	- Design FMEA - DFMA - Design Verification - Design Reviews - Prototype Build - Engineering Drawings - Engineering Specifications - Material Specifications - Drawing & Specification Changes - New Equip., Tooling & Facilities Reqmts. - Special Product & Process Characteristics - Prototype Control Plan - Gages/Testing Equip. Requirements	- Packaging Standards - Product/Process Quality System Review - Process Flow Chart - Floor Plan Layout - Characteristics Matrix - Process FMEA - Pre-Launch Control Plan - Process Instructions - Measurement Systems Analysis Plan - Preliminary Process Capability Study Plan - Packaging Specifications	- Production Trial Run - Measurement Systems Evaluation - Preliminary Process Capability Study - Production Part Approval - Production Validation Testing - Packaging Evaluation - Production Control Plan - Quality Planning Sign-Off

TEKNIK PERBAIKAN MUTU DALAM PERANCANGAN

Karakteristik mutu, seharusnya, kata Taguchi [Taguchi dan Clausing, 1990], diukur lewat kerugian yang ditanggung masyarakat (bukan hanya pelanggan) selama penggunaan produk sebagai akibat penyimpangan kinerja produk dari nilai target dalam perancangan (*variasi fungsional*), dan akibat sampingan yang timbul selama penggunaan produk, yang tidak terkait dengan fungsi produk. Semakin kecil kerugian yang ditanggung masyarakat, semakin tinggi mutu suatu produk.

Kerugian tersebut paling sedikit mempunyai dua komponen, yaitu produsen menderita kerugian bila perbaikan atau penguatan dari kinerja produk yang ditolak atau dikembalikan karena menyimpang dari kinerja targetnya, dan pemakai menderita kerugian dalam bentuk ketidaknyamanan, kerugian keuangan, atau konsekuensi merusak dari penggunaan produk.

Ukuran mutu (kinerja produk) berdasarkan pendekatan “*on target with the smallest variation*” dapat diperoleh lewat mengarahkan mutu rerata (average) produk menunjuk nilai nominal dan mereduksi variasi atau mereduksi derau. Kedua aspek persoalan ini dapat dirangkum jadi satu menggunakan apa yang disebut **nisbah sinyal terhadap derau** (*signal to noise ratio/SNR*), yaitu

$$SNR = \frac{\text{rerata}}{\text{simpangan baku}}$$

Konsep SNR mirip dengan konsep koefisien variasi.

Dapat ditunjukkan bahwa memaksimasi SNR ekuivalen dengan meminimasi fungsi kerugian setelah penyetelan pada nilai targetnya dan juga ekuivalen dengan meminimasi kepekaan pada faktor-faktor derau. Secara matematis, penggunaan SNR lebih menguntungkan daripada fungsi kerugian.

Aktivitas-aktivitas rekayasa (perbaikan) mutu meliputi : (1) perancangan produk baru, (2) perancangan ulang produk yang ada, (3) perancangan proses baru, dan (4) perancangan ulang proses yang ada. Pertanyaan-pertanyaan yang muncul dalam melakukan rekayasa mutu adalah [Moen, 1991]:

- Bagaimana kita mengalih ragamkan konsep-konsep yang potensial memenuhi kebutuhan pelanggan menjadi produk ?
- Bagaimana memilih konsep terbaik untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dari banyak yang dikemukakan ?
- Bagaimana kita memilih beberapa parameter vital untuk perancangan dari banyak pilihan ?
- Bagaimana kita merancang sebuah produk untuk dapat bekerja di bawah rentang kondisi yang luas yang akan ditemui selama produksi dan penggunaan oleh pelanggan ?
- Bagaimana kita memilih kondisi-kondisi operasi terbaik untuk proses manufacturing di antara banyak pilihan ?

Kerugian karena variasi fungsional dapat diwujudkan dalam bentuk fungsi kerugian (*loss function*) kuadratik daripada fungsi kerugian undak (*step function*), seperti yang digunakan dalam inspeksi. Untuk memperbaiki mutu produk, kita perlu mengurangi penyimpangan kinerja produk dari target dalam perancangan atau variasi fungsional, yaitu memperbaiki keajegan respons kinerja produk kita. Semakin kecil variasi fungsional, semakin kecil kerugian yang ditanggung oleh masyarakat, dan semakin bermutu produk kita. Target yang diinginkan dalam perancangan haruslah pengejawantahan dari suara pelanggan.

PEMODELAN MATEMATIS

Tugas utama dalam merekayasa mutu adalah perancangan eksperimen [Taguchi, 1993], yaitu menyeleksi pengaturan titik uji yang memadai dalam ruang yang didefinisikan sebagai **peubah independen** (*independent variable*), yang disebut juga **factor kendali** atau peubah kausal. Peubah ini diubah dengan sengaja secara terkendali dalam eksperimen untuk mengamati pengaruh pada **peubah dependen** (*dependent variable*) atau **peubah respons**, yang merupakan karakteristik mutu atau ukuran kinerja proses. Seleksi rencana uji dapat dimodelkan secara matematis.

Andaikan kita tertarik pada suatu system yang respons mutu reratanya, μ tergantung pada peubah-peubah/faktor-faktor bebas $X_1, X_2, \dots, X_n$, , secara matematis dapat dimodelkan sebagai :

$$\mu = f(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$$

Ini artinya respons rerata μ merupakan fungsi matematis f dari faktor-faktor kendali $x_1, x_2, \dots, x_n$, dan suatu himpunan parameter $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$.

Untuk bisa mendapatkan nilai respons μ kita masih perlu menaksir (atau estimasi) nilai parameter-parameter tersebut dan ini dapat dilakukan dari data yang dikumpulkan selama operasi proses menggunakan eksperimen yang dirancang dengan memainkan **aras** (level) nilai faktor-faktor kendalinya dan mengamati nilai-nilai responsnya. Akhirnya, diperoleh suatu sistem persamaan sehingga nilai taksiran parameter-parameternya, sebut $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_k$ dapat ditentukan.

Dalam banyak situasi, sedikit diketahui mekanisme di bawah suatu proses. Bila pengetahuan kita terbatas, kita harus menyadarkan pada model-model empiris yang

mendekati model yang sebenarnya, tetapi tidak diketahui, yang hubungannya dapat diperoleh lewat data, sebagai contoh

- 1) linear seperti, $\mu =$
- 2) nonlinear seperti $\mu =$
- 3) nonlinear seperti $\mu =$

untuk μ adalah parameter.

Penting untuk merencanakan eksperimen sedemikian sehingga beberapa bentuk empiris spesifik dapat dipertimbangkan secara-masak dan yang terbaik dapat ditentukan lewat data, sekali eksperimen telah dilaksanakan. Jika kita dapat mencocokkan fungsi yang telah dipilih pada data yang diperoleh dari suatu eksperimen, kita dapat menggunakan persamaan tersebut untuk memvisualisasikan lebih jelas dan dengan demikian kita dapat mengeksplorasi alam lengkap dari permukaan respons (misalnya, menampilkan optimasi dan analisis kepekaan).

Kegiatan-kegiatan eksperimental ditujukan, baik tersirat maupun tersurat untuk menemukan hubungan antara beberapa respons kinerja dan sekumpulan peubah kandidat yang mempengaruhi respons itu. Kebanyakan, dimulai dengan hipotesis tentatife berkenaan dengan bentuk model yang masuk akal, kemudian memilih perancangan eksperimental yang mempunyai kemampuan menghasilkan data yang dapat :

- (1) mencari model yang sesuai dari model (atau model-model) yang diusulkan (yaitu, menaksir parameter model) .
- (2) menempatkan model sedemikian sehingga ketakcukupan dalam model dapat dideteksi lewat analisis

PENDEKATAN SEKUENSIAL DAN INTERATIF

Cobaan yang timbul dalam rekayasa mutu adalah merancang dengan hati-hati satu eksperimen besar yang mempertimbangkan semua aspek dari persoalan yang ada. Cobaan ini muncul karena

- (1) pengetahuan yang terbatas mencurigai bahwa banyak faktor adalah penting dan
- (2) tidak tersedianya rentang nilai peubah-peubah.

Bahaya yang ditimbulkan untuk melakukan eksperimen yang besar adalah

- (1) jika terjadi kesalahan hipotesis dan keputusan, maka banyak waktu dan sumber daya eksperimental yang terbuang sia-sia dan menyediakan sedikit informasi atau arahan untuk melakukan langkah berikutnya
- (2) sering dialami hanya sebagian kecil kumpulan peubah yang memberi pengaruh signifikan,
- (3) mengaburkan metrik yang dipakai untuk mendefinisikan peubah-peubah , respons-respons atau bahkan respons-respons apa yang diamati, dan
- (4) membuat semakin sulit mengendalikan kekuatan-kekuatan peubah-peubah pengganggu atau derau.

Untuk alasan-alasan di atas lebih diinginkan untuk melakukan program eksperimental lewat serangkaian eksperimen kecil yang saling terkait satu dengan yang lain. Jadi hasil eksperimen sebelumnya dapat dipergunakan untuk memperbaiki eksperimen berikutnya (sekuensial) dan terus menerus (iterasi)

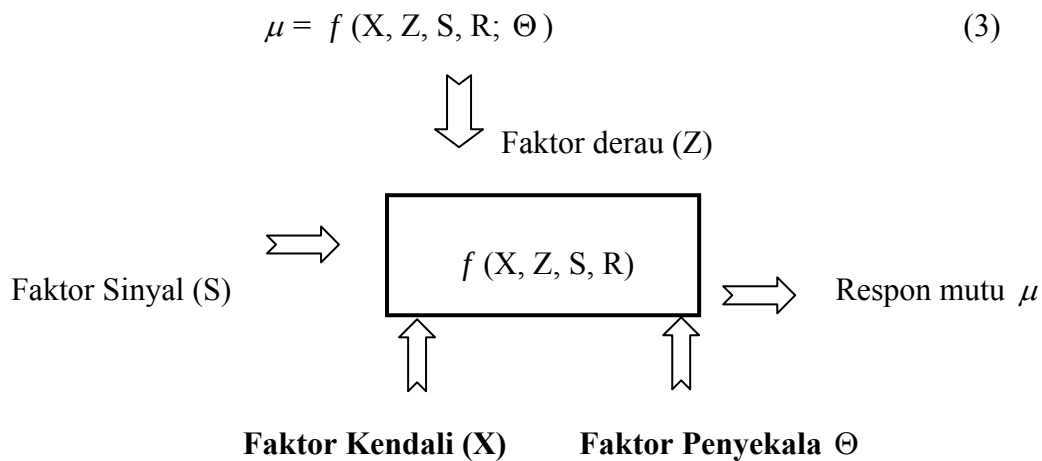
. Dengan demikian terdapat kesempatan untuk memodifikasi hipotesis, membuang dengan cepat peubah-peubah yang ditemukan tidak penting, merubah daerah observasi dari beberapa atau semua peubah, dan/atau mendefinisikan dan memasukan ukuran-ukuran lain dari kinerja proses.

PENGGUNAAN PARAMETER TAGUCHI UNTUK PERANCANGAN

Perancangan Parameter atau **Perancangan Tangguh** yang dipelopori oleh **Genichi Taguchi** (*robust design*) mempersoalkan di bawah lingkungan (parameter/peubah yang bias dikendalikan) seperti apakah sebuah factor adalah suatu factor pengganggu/derau pada eksperimen tetapi bukan gangguan pada kinerja produk/proses yang diselidiki ? Bila ini bisa dijawab maka variasi fungsional dapat direduksi dan hasil perancangan eksperimen kita dikatakan manufacturable.

Pendekatan perancangan parameter adalah memainkan nilai aras peubah independent untuk mencapai hasil yang optimal dalam eksperimen, tanpa menyentuh perbaikan mutu dari peubah-peubah tersebut.

Representasi diagramatik dari eksperimen dengan berbagai faktor yang mempengaruhi karakteristik atau respons mutu ditunjukkan di Gambar 1. Respons mutu di persamaan (1), μ , menjadi suatu fungsi dari **X** (kendali), **Z** (derau), **S** (sinyal) dan **R** (penyekala), yaitu:



Gambar 1. Faktor-faktor yang mempengaruhi Karakteristik Mutu

Setelah factor-faktor diketahui perlu dicari sifat-sifat factor-faktor itu, antara lain: aras factor, jumlah aras factor, rentang aras factor dan kelayakan aras factor.

Metode Perancangan Tangguh (*robust design*) atau Metode Taguchi memungkinkan untuk :Membuat unjuk-kerja produk tak peka terhadap variasi bahan baku, jadi dalam banyak kasus dimungkinkan penggunaan bahan dan komponen bermutu rendah

1. Membuat perancangan tahan melawan variasi *manufacturing*, jadi mengurangi biaya bahan dan tenaga kerja untuk mengerjakan kembali dan menyisikan.
2. Membuat perancangan kurang peka terhadap variasi dalam lingkungan pemakaian *operating environment*, jadi memperbaiki kehandalan dan mengurangi biaya pemakaian (*operating cost*, dan
3. Menggunakan proses pengembangan terstruktur baru sedemikian sehingga waktu rekayasa digunakan secara produktif karena menggunakan matriks yang efisien.

Metode Perancangan Tangguh menggunakan ukuran mutu SNR untuk memperbaiki (atau mengoptimasi) mutu produk atau proses. Selain itu, dalam mengerjakan eksperimen, metode Taguchi menggunakan **matriks ortogonal** (*Orthogonal arrays*). Eksperimen matriks semacam ini dikenal sebagai eksperimen ortogonal. Eksperimen ortogonal memberi taksiran efek-efek factor yang lebih terpercaya dengan eksperimen yang lebih sedikit. Akibatnya, lebih banyak factor dapat

dipelajari dalam sumber riset dan pengembangan yang dibenahi, menuju pada produk-produk yang lebih tangguh dan hemat (tidak mahal).

Larik-larik ortogonal terdiri dari pasangan lajur-lajur ortogonal, semua kombinasi aras faktor muncul dalam jumlah yang sama. Lajur dari larik ortogonal mewakili faktor-faktor yang harus dipelajari dan harus mewakili eksperimen individual.

Jika kita mengetahui fungsi f dan distribusi toleransi komponen, kita dapat mencari faktor dan aras-arasnya secara optimal menggunakan simulasi komputer

PENUTUP

Sebagai rangkuman dari strategi yang baik, peralatan yang dibutuhkan dan pelaksanaan yang tepat dalam melaksanakan perancangan diberikan sebagai berikut :

1. penyusunan percobaan (*experiment layout*) pada perancangan tangguh, seperti perlunya untuk mencapai dan uji addivity (absennya semua interaksi), tidak membedakan antara screening dan modeling, fleksibilitas dalam kondisi-kondisi eksperimen, dan tidak perlu pengacakan, dan
2. Perancangan tangguh tidak tereklalu mementingkan uji signifikansi seperti Uji F. Ini karena suatu aras harus dipilih untuk setiap faktor kendali tanpa perlu tahu dia signifikan atau tidak
3. Proses eksperimentasi rekayasa mutu, khususnya menggunakan Metode Taguchi, meliputi tiga fase dan 12 langkah. Meliputi : Bidang kajian, sasaran, karakteristik mutu dan sistem pengukuran faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi karakteristik mutu, faktor-faktor kendali, pilih aras bagi faktor-faktor, pilih larik ortogonal yang sesuai, pilih interaksi yang mungkin mempengaruhi karakteristik, masukkan faktor – faktordalam larik ortogonal dan lokasikan interaksi, laksanakan eksperimen, analisis hasil percobaan eksperimen, dan laksanakan eksperimen konfirmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Fisher M. L (1997) *What is the right supply chain for your product ?* Harvard Business Review Marc/ April pp, 105 – 116.
- Jakiela, ***Mechanical Engineering***, Washington University, Washington, USA
- Prasnikar J dan Skerlj T (2004) ***New Product Development Process in generic pharmaceutical companies: Determinant of the time to market*** . Proceeding of the Asian Pacific Industrial Engineering and management conference, Gold Coast, Australia (December)
- Slack, N Chambers. S. dan Johnston R (2004) ***Operations Management 4th ed.*** Financial times Prentice Hall.
- Ulrich, K.T., and Eppinger, S.D “***Product Design and Development***,”., Second Edition, 2000.