

Shainin-like Classical Design of Experiment: Penerapan Design of Experiment Tanpa Menghentikan Proses atau Mesin Produksi

M. Arbi Hadiyah

Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya

Jalan Raya Kalirungkut Tenggilis Surabaya

Tel: 031-2981392, Fax: 031-2981376

Email: arbi@staff.ubaya.ac.id

Abstrak. Design of Experiment (DoE) telah banyak diterapkan oleh praktisi dan ilmuwan untuk menentukan faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi respon eksperimen. Berawal dari ide Sir Ronald Fisher, DoE telah banyak dikembangkan sampai saat ini, mulai dari desain faktorial klasik, sampai pada metodologi *response-surface*, metode Taguchi yang cukup kontroversial, hingga dikemukakannya metode Shainin, yang digunakan untuk mereduksi variasi produk dan optimisasi setting mesin. DoE menuntut penghentian proses atau mesin terlebih dahulu, lalu eksperimen optimisasi DoE dapat dilaksanakan mengacu pada desain eksperimen tertentu. Ketika setting optimal sudah ditemukan, maka proses atau mesin dapat kembali dilanjutkan dengan menerapkan setting tersebut. Berbeda dengan DoE, metode Shainin tidak membutuhkan penghentian proses atau mesin dalam proses optimisasi, karena metode ini menggunakan data proses yang sudah terekam meliputi perubahan setting mesin, manusia, material, dan aspek lain yang dicatat dari waktu ke waktu, inilah yang menjadi klaim bahwa metode Shainin jauh lebih superior dibandingkan dengan DoE. Namun, dengan keterbatasan buku referensi dan dasar keilmiah, penguasaan atas metode Shainin secara penuh hanya bisa didapatkan melalui training berbayar dan kontrak kerahasiaannya. Makalah ini memaparkan kajian awal tentang alternatif prosedur dari Shainin, dengan cara menerapkan DoE klasik pada proses pembuatan *strapping band*, tanpa perlu menghentikan proses atau mesin yang sedang berjalan. Beberapa perhitungan dan grafik yang dikemukakan oleh Shainin sebenarnya adalah analisis statistik umum yang serupa dengan DoE. DoE dan analisis statistik lainnya ternyata dapat diterapkan untuk optimisasi setting parameter proses atau mesin yang sedang berjalan tanpa menghentikannya, tentu saja proses rekaman data sebagaimana di dalam Shainin juga harus dilakukan, dan prosedur untuk menentukan setting optimal menggunakan analisis DoE seperti *one-way ANOVA*, *factorial ANOVA*, *Tukey multiple comparison*, serta *boxplot*. Metode DoE klasik hanya perlu dimodifikasi sedemikian rupa sehingga akan menampilkan hasil sebagaimana metode Shainin. Hasilnya, Shainin dan DoE memberikan setting optimal yang tidak jauh berbeda.

Kata kunci: DoE klasik, Eksperimen Optimisasi, Analisis Statistik, Optimisasi tanpa men-stop mesin

1. PENDAHULUAN

Off line quality control menjadi bagian yang sulit dipisahkan ketika proses quality improvement di dalam skala industri secara terus-menerus diterapkan. Taguchi (January 1924 – June 2012) memperkenalkan konsep ini ketika permasalahan kualitas produk tidak hanya diatasi secara *online quality control*. Tahapan *parameter design* sebuah produk menjadi titik awal penyebab terjadinya cacat selama proses manufaktur berlangsung. Desain eksperimen (DoE) menjadi metode yang melengkapi *off line quality control* ini untuk mendapatkan setting mesin optimal dan menghasilkan desain parameter produk yang *robust*.

Fisher (Februari 1890 – Juli 1962, di dalam Stanley, 1966, dan Box, 1980) pertama kali memperkenalkan metode DoE (*Design of Experiment*) atau biasa disebut sebagai desain eksperimen melalui bukunya "*The Arrangement of Field Experiments*" tahun 1926, sebagai alat untuk menganalisis

hasil eksperimen pada bidang pertanian. Desain eksperimen klasik seperti *Completely Randomized Design*, *Randomized Block Design* hingga *Factorial Design* banyak diterapkan untuk membantu peneliti dalam menyelidiki pengaruh single maupun multi-factor. Sampai beberapa tahun kemudian, pengembangan dari DoE dikemukakan oleh Plackett-Burman (1946) yang memberikan alternatif desain eksperimen multifaktor yang dapat mengurangi banyaknyarun eksperimen.

Beberapa dekade kemudian G.E.P. Box dan Wilson (1951) memperkenalkan modifikasi dari DoE yang tidak hanya melihat pengaruh faktor eksperimen, namun juga dapat digunakan untuk menentukan titik optimal dari eksperimen multifaktor, yakni yang dikenal sebagai *Response Surface Methodology* (RSM). Saat itu, RSM banyak mendominasi proses optimasi mesin industri yang berbasis eksperimen. Ditinjau dari sisi pemodelan DoE dan RSM, keduanya menggunakan basis persamaan matematis, yang kemudian dikembangkan dalam tataran eksperimen sehingga kaitannya dengan data-data hasil eksperimen hanya dapat dianalisis melalui model statistik.

Montgomery (1997) kemudian banyak memberikan penjabaran analisis DoE dan RSM secara statistik beserta penerapannya dalam bidang industri, sebagai alat untuk mempelajari dan mengoptimalkan proses industri, mulai dari pemilihan material, setting mesin, hingga parameter proses industri. Begitu melekatnya asumsi-asumsi statistik pada DoE dan RSM, memberikan satu sisi kesulitan tersendiri untuk memenuhinya.

Taguchi (di dalam Belavendram, 2001) di dalam kemudian hadir untuk melengkapi keberagaman metode desain eksperimen ini dengan ide yang cukup kontroversial. Berbekal kemampuannya sebagai praktisi industri, engineer dan ahli statistik, Taguchi memperkenalkan konsep *Robust Design* yang cukup fenomenal dan banyak mematahkan asumsi-asumsi di dalam DoE dan RSM. Taguchi mengadopsi *loss function* pada data-data hasil eksperimen yang kemudian digunakan untuk proses optimasi. *Orthogonal Array*, *Signal-to-noise ratio*, prosedur analisis yang singkat dan praktis serta tidak adanya asumsi statistik yang ketat, membuat metode Taguchi banyak dipilih oleh para engineer saat itu.

Sampai pada tahun 1988, sebuah artikel yang cukup kontroversial ditulis oleh Shainin dan Shainin, yang mengupas tentang kelemahan dari desain Taguchi. Shainin (di dalam Bhote, 2000) diklaim sebagai sebuah metode desain eksperimen yang lebih efektif daripada pendekatan Taguchi ataupun DoE klasik. Shainin & Shainin (1986) mengemukakan metode *variable search* yang lebih efektif daripada metode desain eksperimen yang lain. Metode Shainin juga diklaim dapat bekerja tanpa harus menghentikan mesin ataupun proses produksi. Data-data yang diambil secara *real-time* dan direkam oleh operator menjadi dasar bagi metode Shainin untuk menemukan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon eksperimen. Dapat Namun, metode Shainin hanya dapat dipelajari melalui referensi yang tidak terlalu banyak. Cara yang paling tepat untuk mempelajari Shainin adalah dengan mengikuti kursus berbayar yang diberikan oleh Shainin. Hal inilah yang mendasari beberapa artikel seperti Ledorter dan Swersey (1997), Tanco, dkk (2008), memberikan tinjauan kritis terhadap Shainin.

Penelitian ini mencoba untuk memberikan alternatif terhadap metode Shainin dalam menemukan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon eksperimen. Metode alternatif yang digunakan berbasis pada desain eksperimen DoE klasik, dengan menggunakan data yang sama sebagaimana Shainin, yakni data rekaman hasil proses mesin atau produksi tanpa menghentikannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sebagaimana yang dijelaskan dalam berbagai literatur, sub-bab berikut ini akan memberikan secara singkat gambaran metode yang dipakai untuk desain eksperimen.

2.1 Desain Eksperimen Klasik

DoE klasik (Montgomery, 1997) lebih banyak berbasis inferensia statistik dengan mendasarkan analisisnya pada mendesain suatu eksperimen dengan tujuan dan batasan tertentu. Dimulai dari desain *completely randomized design*, *randomized block design* hingga *factorial design*. Beberapa tahun kemudian, desain *fractional factorial* muncul untuk menutupi kekurangan dari *factorial design* yang membutuhkan banyak *run* eksperimen. Semua desain menggunakan ANOVA dan modifikasinya, tentu saja hal ini akan menimbulkan batasan pada analisisnya, yakni pemenuhan asumsi klasik (normalitas, homogenitas data, dll). Ditinjau dari sudut pandang secara statistik, konsep

statistika inferensi secara penuh dapat dipenuhi oleh desain eksperimen klasik, sehingga hasilnya dapat digeneralisasi.

Secara umum, DoE klasik masih menganalisis data eksperimen dalam mencari efek dari suatu faktor atau lebih, lebih jauh, kebutuhan industri sudah menuntut pada optimasi dan pemilihan kombinasi level faktor yang dapat mengoptimalkan respon eksperimen. G.E.P. Box dan Wilson (1951) telah memperkenalkan *response surface methodology* (RSM) yang terbagi menjadi tiga tahap; *first order desain* yang menerapkan *fractional factorial design*, tahap *steepest ascent/descent*, dan tahap optimasi menggunakan *central composite design* (Box & Wilson, 1951). Dasar analisis tetap menggunakan ANOVA dan persamaan regresi yang diikuti dengan berbagai macam asumsi klasik

2.2 Metode Taguchi

Metode Taguchi hadir sebagai alternatif desain eksperimen beberapa tahun kemudian. Taguchi mengadopsi DoE dalam mendesain eksperimennya, yakni desain *fractional factorial* yang kemudian dimodifikasi menjadi susunan *orthogonal array*. Taguchi menjanjikan *run* eksperimen yang tidak sebanyak DoE, namun dapat memberikan hasil pemilihan level-level faktor yang dapat mengoptimalkan respon eksperimen.

Langkah optimasi menggunakan Taguchi menjadi lebih sederhana jika dibandingkan dengan RSM. Ketika eksperimen Taguchi telah dilakukan dan data hasil eksperimen yang mengacu ke salah satu *orthogonal array* telah didapatkan, maka prosedur untuk menentukan kombinasi level-level faktor yang mengoptimalkan variabel respon secara sederhana dapat dianalisis melalui tabel dan grafik respon.

Keunggulan lain metode Taguchi yang cukup fenomenal adalah transformasi data eksperimen dalam bentuk *Signal-to-noise ratio* (SNR). SNR bahkan diklaim mampu memilih kombinasi level yang mengoptimalkan response baik dari sisi rata-rata maupun variasi data percobaan bahkan dari sisi biaya kualitas (Belavendram, 2001), karena SNR mengakomodasi *quality loss function* serta dapat disesuaikan dengan jenis optimasi yang diinginkan (*nominal the best, smaller the better, larger the better*). Hal inilah yang menjadi ide dasar istilah *robust design*, yakni desain parameter produk yang handal dan meminimalkan adanya variasi antar produk serta kerugian biaya kualitasnya ketika akan dilakukan produksi secara massal. Namun, keunggulan ini juga mengandung titik kelemahan Taguchi, yakni tidak adanya prosedur untuk menemukan level-level baru untuk setiap faktor selain level-level yang telah ditentukan sebelumnya. Artinya, Taguchi hanya mencari kombinasi level-level faktor untuk mengoptimalkan response, tanpa mempertimbangkan adanya kemungkinan menggeser level faktor ke arah optimal yang lebih baik. Hidayat dan Wahyudi (2013) telah membahas pergeseran level faktor dengan mengintegrasikannya melalui *steepest ascent* sebagaimana RSM.

2.3 Shainin

Shainin SystemTM menjadi sebuah trade mark bagi para engineer dan manajer yang membutuhkan suatu metode *problem solving*. Dorian Shainin (1914 – 2000) dulunya adalah seorang konsultan industri yang kemudian membakukan metode Shainin, namun tidak dalam kerangka keilmiah namun dalam bentuk properti intelektual yang hanya dapat dipelajari oleh orang yang “berguru” padanya. *Shainin SystemTM* tidak disebarkan secara ilmiah maupun bebas, sehingga detail tentang alat-alat analisis yang dipakai menjadi jarang dibahas pada beberapa jurnal dan buku. Satu-satunya buku yang dapat dipelajari adalah tulisan Bhote (2000), yang cukup kontroversial karena bahasa yang cukup bombastis dan provokatif (Tanco, dkk, 2008).

Secara umum, Bhote (200) menggambarkan analisis menggunakan *Shainin SystemTM* terdiri dari beberapa langkah, berbasis pada data rekaman proses produksi tanpa menghentikannya.

- Shainin berpendapat bahwa jika terdapat banyak faktor dalam eksperimen, selalu akan ada satu saja faktor yang paling mempengaruhi respon eksperimen, yang dikatakan sebagai *Red X*. Faktor lain yang juga berpengaruh dikatakan sebagai *Pink X*, dan *Pale Pink X*.
- Mirip tujuan dari fractional factorial (Montgomery, 1997), Shainin berusaha mereduksi banyaknya faktor dalam eksperimen menjadi hanya beberapa saja, lalu menyusun langkah optimasi berdasarkan faktor yang sudah di screening.
- Bhote (2000) menekankan bahwa metode Shainin jauh lebih baik karena prinsip “*Talk to The Part*”, dan bukan “*Talk to Engineers*”. Data rekaman perubahan level faktor selama proses produksi yang akan dianalisis oleh Shainin, sehingga memang tidak perlu menghentikan proses produksi

Banyak *tools* yang digunakan oleh Shainin dalam menemukan faktor yang paling berpengaruh. Dimulai dari tahap awal untuk memetakan faktor yang berpengaruh, menggunakan *tools multivarychart, component search, paired*

comparison, *process search* dan *concentration chart*. Tahap berikutnya adalah *variable search*, untuk menemukan *Red X*, *Pinx X* dan *Pale Pink X* menggunakan desain eksperimen yang mirip dengan *factorial design* klasik.

3. METODOLOGI

Penelitian ini mencoba membandingkan secara prinsip, antara metode Shainin dengan DoE klasik yang diterapkan pada data rekaman proses produksi *strapping band*. Data direkam selama 6 hari untuk shift 1 dan shift 2 di setiap jam. Respon eksperimen yang dicatat adalah proporsi cacat yang merupakan jumlah dari cacat gelembung, cacat pudar, dan cacat lebar. Proses perekaman data mempertimbangkan parameter-parameter mesin selama proses produksi *strapping band*, yakni kecepatan *screw*, *thermocontrol I*, *thermocontrol II*, *thermocontrol III*, kecepatan roll 1, kecepatan roll 2, dan kecepatan roll 3. Data rekaman proses produksi diambil dari Wijaya (2011).

Berikutnya, data-data rekaman selama proses produksi akan dianalisis secara bertahap menggunakan metode Shainin. Langkah demi langkah dalam metode Shainin dilakukan sampai ditemukannya faktor yang paling mempengaruhi penurunan proporsi cacat produk. Akhir dari metode shainin adalah setting parameter mesin yang meminimalkan proporsi cacat.

Menggunakan data yang sama, metode DoE klasik diterapkan dengan terlebih dahulu menganalisis menggunakan *tools* statistik yang umum. Analisis DoE klasik pada data tersebut memberikan hasil akhir yang serupa dengan metode Shainin, yakni *setting* parameter optimal.

4. PEMBAHASAN

Bagian pembahasan dimulai dengan memberikan hasil analisis Shainin pada data rekaman produksi *strapping band*. Berikutnya akan diikuti dengan pembahasan hasil analisis DoE klasik, serta perbandingan antara keduanya

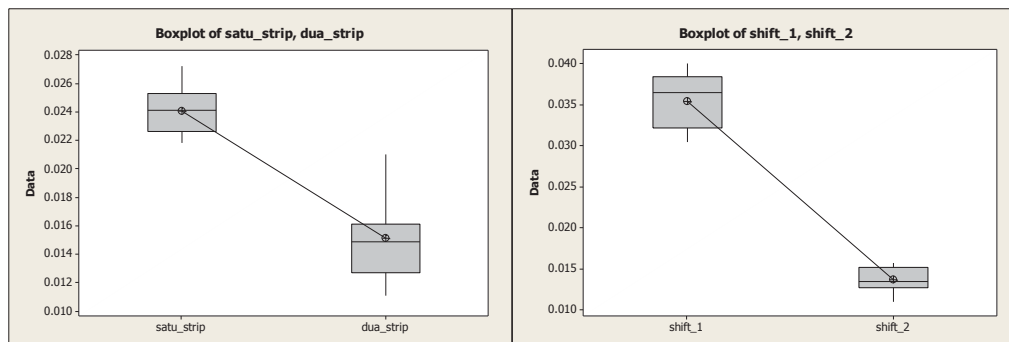
4.1 Hasil analisis shainin

Analisis Shainin akan dijelaskan langkah demi langkah secara singkat. Beberapa *tools* digunakan dalam analisis shainin ini sampai didapatkan faktor yang paling berpengaruh serta hasil akhir setting parameter optimal yang meminimumkan proporsi produk cacat

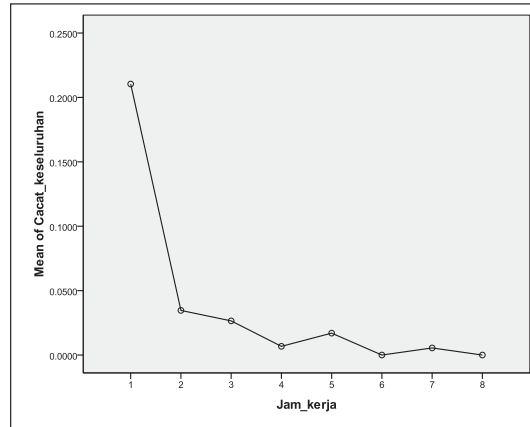
4.1.1 Tahap awal Shainin : Pencarian awal petunjuk menuju Red X

Terdapat dua jenis produk *strapping band*, yakni satu strip dan dua strip, berdasarkan data yang direkam selama 2 shift di setiap jam. *Multivary Chart* mencari petunjuk, produk dan shift mana yang akan menjadi fokus penentuan *Red X*. Gambar 2 memperlihatkan bahwa *Red X* berada pada Shift 1 dan *strapping band* satu strip, sehingga analisis berikutnya hanya fokus pada shift 1 dan jenis produk satu strip. *Red X* yang dimaksud adalah faktor yang paling mempengaruhi jumlah cacat yang akan diminimumkan.

Ketika fokus pada shift 1, *multivary chart* berikutnya memperlihatkan bahwa cacat paling banyak terjadi pada jam 07.00 sampai 08.00. Dengan demikian fokus pencarian *Red X* hanya pada rentang waktu tersebut (Gambar 3).



Gambar 2. Multivary Chart untuk jenis produk dan shift



Gambar 3. Multivary Chart : jam kerja vs jumlah cacat

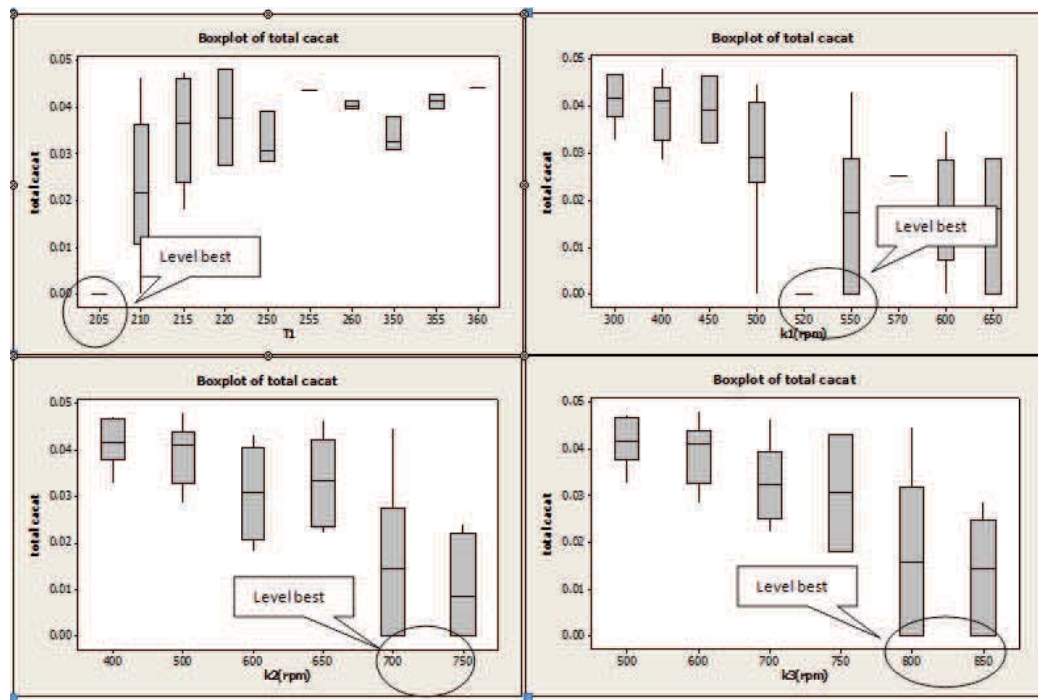
Melalui *tools concentration chart* yang fokus pada produk satu strip, shift 1 pada jam 07.00-08.00, analisis penyebab utama jumlah cacat yang tinggi pada jam tersebut lebih banyak disebabkan oleh setting *thermocontrol* dan kecepatan roll. Fokus pencarian *Red X* mengerucut pada kedua faktor tersebut. Seluruh data rekaman produk satu strip, shift 1, jam 07-00-08.00 pada seluruh setting *thermocontrol* dan kecepatan roll direkap, dan siap dianalisis menggunakan *tools component search*. Faktor yang dipilih mengerucut pada *thermocontrol I*, kecepatan roll 1, kecepatan roll 2, dan kecepatan roll 3, berdasarkan Gambar 4 yang memperlihatkan hasil proporsi cacat berbeda antar level faktor.

Hasil dari *component search* adalah level setting faktor yang memberikan 2 level akhir, yakni *best* (proporsi cacat minimum) dan level *marginal* (jumlah cacat tinggi). Tabel 1 memberikan hasil *component search* beserta setting level, dimana faktor *thermocontrol I* dan *thermocontrol II* tidak memberikan perbedaan proporsi cacat yang signifikan antar level-levelnya.

Tabel 1 : Hasil component search

Faktor	Level Best	Rata-rata Proporsi cacat	Level Marginal	Rata-rata Proporsi cacat
<i>Thermocontrol I</i> (T1)	205	0,0000	220-260 ,350-360	0,0391
Kecepatan rol I (k1)	520-550	0,0085	300-500	0,0372
Kecepatan rol II (k2)	700-750	0,013	400-650	0,0363
Kecepatan rol III (k3)	800-850	0,0148	500-750	0,0361

Melalui *tools paired comparison*, level *best* dan level *marginal* telah divalidasi. Dengan demikian, empat faktor tersebut dapat dilanjutkan untuk menemukan *Red X*, menggunakan prosedur *variable search*.



Gambar 4. Multivary Chart : proporsi cacat pada tiap level faktor terpilih

Tabel 2 : Full factorial dalam variable search metode Shainin

Cell Group	Factors				Two Factors					Three Factors					Four Factors	Output
	A (T1)	D (k1)	E (k2)	F (k3)	AD (T1k1)	AE (T1k2)	AF (T1k3)	DE (k1k2)	DF (k1k3)	EF (k2k3)	ADE (T1k1k2)	ADF (T1k1k3)	AEF (T1k2k3)	DEF (k1k2k3)	ADEF (T1k1k2k3)	
1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0
2	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	0.02749
3	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	0.02102
4	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	0.02749
5	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	0
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	0
7	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	0
8	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	0.02749
9	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0
10	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0.02405
11	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0
12	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	0.02749
13	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0
14	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	0.0180
15	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	0
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.03957
Main & Interaction Contribution	0.1706	0.0735	0.0425	0.0056	0.0315	0.0005	0.0246	0.0476	0.0235	0.0545	0.0667	0.0185	0.0125	0.0117	-0.0304	
Rank	1	2	6	14	7	15	9	5	10	4	3	11	12	13	8	

4.1.2 Tahap optimasi Shainin : Variable search untuk penentuan Red X dan optimasi

Melalui serangkaian tools yang diterapkan, mulai dari *ballpark*, *elimination*, dan *capping run*, didapatkan bahwa faktor yang paling mempengaruhi proporsi cacat adalah *thermocontrol I*, kecepatan roll I, kecepatan roll II, dan kecepatan roll III. Semua faktor dianggap penting dan salah satu diantaranya adalah faktor *Red X*. Langkah berikutnya adalah menerapkan desain eksperimen formal full factorial yang memuat 4 faktor tersebut

Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa faktor *thermocontrol I* dan kecepatan roll 1 adalah dua faktor yang paling berpengaruh terhadap proporsi cacat. *Red X* dan *Pink X* berturut-turut adalah kedua faktor tersebut. Interaksi antara *thermocontrol I*, kecepatan roll 1 dan kecepatan roll 2 juga dianggap penting, sehingga ketiga faktor tersebut adalah yang paling utama. Level optimal dari ketiga faktor adalah mengacu pada level *best* sebagaimana tabel 1. Namun untuk lebih memastikan titik level yang paling optimal, maka dilakukan eksperimen konfirmasi mengacu pada tabel 1. Hasil eksperimen konfirmasi menjadi penentu titik optimal yang paling meminimumkan proporsi cacat

4.2 Hasil analisis DoE klasik

DoE klasik lebih banyak didasari oleh analisis statistik inferensia. Selama ini, DoE klasik berjalan dengan terlebih dahulu menentukan tujuan eksperimen lalu mendesain eksperimen berupa struktur pengambilan sampel data. Desain struktur pengambilan data ini kemudian menjadi acuan bagi peneliti untuk melakukan eksperimen. Desain struktur yang dimaksud antara lain mulai dari Completely Randomized Design hingga Response Surface Methodology (RSM).

Ketika desain struktur pengambilan sampel telah ditentukan, maka eksperimen yang akan dilaksanakan harus mengacu pada desain tersebut. Bagaimanapun, struktur pengambilan tersebut sudah dirancang agar semua faktor dan kombinasinya dapat terakomodasi dalam run eksperimen. Namun kekurangannya, setting parameter proses harus disesuaikan mengacu pada desain struktur pengambilan data tersebut. Hal inilah yang dikatakan oleh Bhote (2000) sebagai ketidakefisienan, karena peneliti harus menghentikan proses produksi lalu melaksanakan eksperimen sesuai desain tersebut. Ketika analisis DoE gagal, maka proses pengendalian produksi menjadi sia-sia dan tidak membuahkan hasil.

Shainin dan Shainin (1986) secara fenomenal telah menemukan langkah praktis menganalisis data dari rekaman yang dicatat oleh operator mesin/proses produksi, konsep inilah yang dikatakan sebagai *talk to the parts*. Menggunakan konsep yang sama, DoE klasik akan coba diterapkan pada data yang sama dengan apa yang telah dianalisis oleh Shainin. Kendala paling besar adalah, rekaman data selama proses produksi tidak mengacu pada desain DoE, sehingga ketika dilakukan analisis, dipastikan akan terjadi pelanggaran asumsi statistik, seperti ketidaknormalan data, *multicollinearity* dan *unbalanced design*.

Langkah pertama pada DoE klasik untuk data rekaman proses produksi ini sama sebagaimana Shainin pada tahapan awal untuk menentukan faktor yang paling besar pengaruhnya pada proporsi cacat menggunakan analisis ANOVA, dengan mengasumsikan bahwa level-level faktor yang terekam pada data produksi mempunyai pengaruh secara individu. Hasil awal DoE klasik sebagaimana tabel 3.

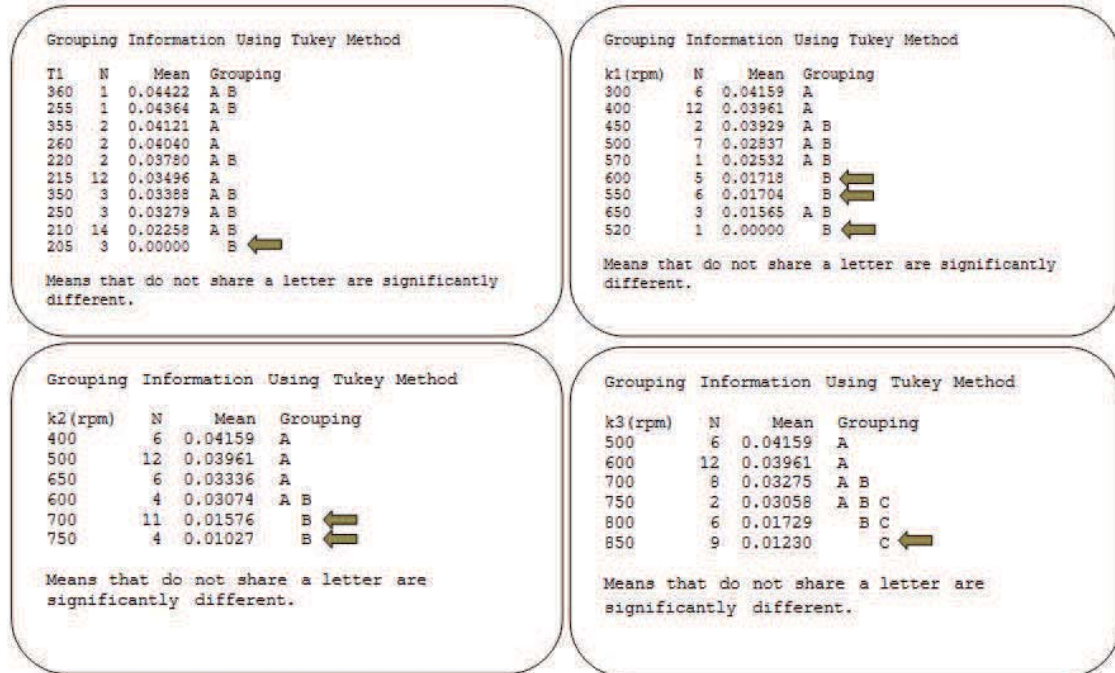
Tabel 3. ANOVA perbandingan antar level faktor terpilih

Faktor	Nilai P value ANOVA	Kesimpulan	Keterangan
<i>Thermocontrol I</i> (T1)	0,004	Berpengaruh secara signifikan	Terpilih
<i>Thermocontrol II</i> (T2)	0,183	Tidak berpengaruh secara signifikan	Tidak terpilih
<i>Thermocontrol III</i> (T3)	0,144	Tidak berpengaruh secara signifikan	Tidak terpilih
Kecepatan rol I (k1)	0,000	Berpengaruh secara signifikan	Terpilih
Kecepatan rol II (k2)	0,000	Berpengaruh secara signifikan	Terpilih
Kecepatan rol III (k3)	0,000	Berpengaruh secara signifikan	Terpilih

Hasil pada tabel 3 serupa sebagaimana metode Shainin tahap awal (lihat Gambar 4). Terdapat 4 faktor yang terpilih untuk tahap optimisasi dan pemilihan level yang meminimumkan proporsi cacat.

Selanjutnya, empat faktor tersebut menjadi dasar penentuan level optimal yang meminimumkan proporsi

cacat. Penentuan level optimal sebagaimana metode Shainin, menggunakan desain faktorial dengan dua level. Sehingga, sebelumnya perlu menentukan level tinggi dan rendah, atau dalam istilah Shainin dikatakan level *best* dan *marginal*. Analisis *multiple comparison* menggunakan Tukey (Montgomery, 1997) dapat memberikan gambaran penentuan level tersebut. Gambar 5 memberikan hasil software MINITAB untuk analisis Tukey.



Gambar 5. Tukey *multiple comparison* (output MINITAB)

Tabel 4 : Penentuan level best dan marginal berdasarkan analisis Tukey

Faktor	Level Best	Level Marginal
Thermocontrol I (T1)	205	220-260 ,350-360
Kecepatan rol I (k1)	520-600	300-500
Kecepatan rol II (k2)	700-750	400-650
Kecepatan rol III (k3)	850	500-800

Terdapat hanya sedikit perbedaan antara hasil tabel 1 dan tabel 3, yakni pada faktor *thermocontrol I* dan kecepatan roll 3. Perbedaan ini tidak terlalu signifikan, namun hasil pada tabel 3 memberikan tingkat keilmiahan statistik yang lebih tinggi.

Langkah terakhir adalah optimasi, yakni penentuan kombinasi level yang meminimumkan proporsi cacat. Desain eksperimen yang digunakan adalah *full factorial* sebagaimana metode shainin. Menggunakan analisis ANOVA untuk desain faktorial. Gambar 6 memperlihatkan hasil ANOVA untuk desain full factorial, namun karena keterbatasan data rekaman yang memenuhi desain faktorial, interaksi yang diuji hanya sampai pada orde dua saja.

Hasilnya memperlihatkan bahwa faktor yang paling berpengaruh pada proporsi cacat adalah thermocontrol I dan diikuti kecepatan roll 2, filai F tertinggi pada faktor *thermocontrol I*, dan selanjutnya pada faktor kecepatan roll 1. Tidak ada interaksi antar faktor yang signifikan, yang berarti bahwa setiap faktor memberikan pengaruh secara individu. Dengan demikian, *setting* parameter yang optimal untuk meminimumkan proporsi cacat adalah 205°C untuk *thermocontrol I*, dan kecepatan roll 1 sebesar 520 rpm

Analysis of Variance for proporsi cacat (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.00227075	0.00227075	0.00056769	7.57	0.024
T1	1	0.00181817	0.00181817	0.00181817	24.24	0.004
K1	1	0.00033782	0.00033782	0.00033782	4.50	0.037
K2	1	0.00011278	0.00011278	0.00011278	1.50	0.275
K3	1	0.00000197	0.00000197	0.00000197	0.03	0.877
2-Way Interaction	6	0.00046217	0.00046217	0.00007703	1.03	0.499
T1*K1	1	0.00006194	0.00006194	0.00006194	0.83	0.405
T1*K2	1	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.00	0.990
T1*K3	1	0.00014197	0.00014197	0.00014197	1.89	0.227
K1*K2	1	0.00003782	0.00003782	0.00003782	0.50	0.509
K1*K3	1	0.00003452	0.00003452	0.00003452	0.46	0.528
K2*K3	1	0.00018591	0.00018591	0.00018591	2.48	0.178
Residual Error	5	0.00037499	0.00037499	0.00007500		
Total	15	0.00310791				

Gambar 6. ANOVA full factorial DoE Klasik

4. KESIMPULAN

Metode Shainin telah terbukti memberikan solusi yang cukup efisien dalam menentukan optimasi parameter proses produksi atau mesin, berbasis data rekaman mesin. Meskipun beberapa literatur menyebutkan bahwa keilmiahan metode shainin masih belum dapat diakui oleh beberapa peneliti, namun hasil akhir analisisnya terbukti dapat menemukan titik optimal dalam desain eksperimen. Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, dapat dikatakan bahwa meskipun metode shainin tidak menggunakan tools analisis data formal seperti metode statistik, namun hasilnya mendekati hasil DoE klasik yang diterapkan pada data yang sama. DoE klasik sangat menekankan kevalidan hasil analisis dan menuntut untuk dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Setelah menerapkan DoE pada data rekaman proses produksi, ternyata dapat dilihat bahwa DoE juga dapat melakukan analisis menggunakan data rekaman. Artinya, DoE juga mampu menganalisis dan menemukan titik optimal tanpa harus menghentikan proses produksi. Satu-satunya kendala dalam penerapan DoE untuk data-data rekaman adalah asumsi klasik yang berpeluang besar tidak dapat dipenuhi. Bagaimanapun, ketika terdapat suatu kumpulan data yang memerlukan pengolahan dan analisis, tools statistik akan tetap dibutuhkan termasuk DoE klasik ini.

REFERENSI

- Box, J.F., (1980) R. A. Fisher and the Design of Experiments, 1922-1926, *The American Statistician*, **34** (1): 1-7.
- Box, G. E. P. and Wilson, K.B., (1951), On the Experimental Attainment of Optimum Conditions (with discussion), *Journal of the Royal Statistical Society Series B* **13**(1):1-45
- Belavendram, N., (2001), *Quality by Design : Taguchi Technique for Industrial Experimentation*, Prentice Hall, Great Britain
- Bhote, K. R. and Bhote, A. K. (2000), *World Class Quality*, Amacom: New York.

Hadiyat, M.A., dan Wahyudi, R.D., (2013), Integrating Steepest Ascent for The Taguchi Experiment : A Simulation Study, *International Journal of Technology*, **3**, UI Press

Ledolter, J. and Swersey, A. (1997). Dorian Shainin's Variable Search Procedure: a Critical Assessment". *Journal of Quality Technology*, **29**, pp. 237-247.

Montgomery, D. C., (1997), *Design and Analysis of Experiments*, 4th edition, John Wiley & Sons, New York. (1st edition, 1976, 2nd edition, 1984, 3rd edition, 1991)

Plackett, R.L. and Burman, J.P. (1946). The Design of Optimum Multifactorial Experiments, *Biometrika*, **33**, pp. 305-325.

Shainin, D. and Shainin, P. (1988). Better than Taguchi Orthogonal Tables, *Quality and Reliability Engineering International*, **4**, pp. 143-149.

Stanley, J. C., (1966), The Influence of Fisher's The Design of Experiments on Educational Research Thirty Years Later, *American Educational Research Journal*, **3** (3): 223

Tanco, M., Viles, E., Pozueta, L., (2008), Are All Design of Experiment Approaches Suitable for Your Company?, *Proceeding of the World Congress On Engineering*, **11**, London UK

Wijaya, H., (2013), *Peningkatan Kualitas Proses Produksi Dengan Penerapan Desain Eksperimen Shainin di CV. X Surabaya*, Tugas Akhir Teknik Industri, Universitas Surabaya

RIWAYAT HIDUP PENULIS

M. Arbi Hadiyat adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya (Ubaya). Ia mendapatkan gelar S.Si. dan M.Si. dari Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya secara beturut-turut pada tahun 2001 dan 2007. Topik penelitian yang digelutinya adalah bidang Statistika, Quality Engineering dan Manajemen Kualitas. Alamat e-mail arbi@staff.ubaya.ac.id.

PROSIDING

Seminar Sistem Produksi XI Dan Seminar Nasional VI Manajemen dan Rekayasa Kualitas

"Operational Excellence towards Sustainability"

Hilton Hotel, Bandung – Indonesia, 1 Oktober 2015

**SSP XI
SNMRK VI**

Penyelenggara :



Seminar Sistem Produksi XI – ISSN: 0854-431X



Seminar Nasional VI Manajemen Rekayasa Kualitas: 1907-0470



Kata Pengantar

Seminar Sistem Produksi (SSP) dan Seminar Nasional Manajemen Rekayasa Kualitas (SNMRK) merupakan dua dari sekian seminar nasional dalam bidang keteknik industri. SSP telah dilaksanakan sebanyak 10 kali dalam 3 dekade terakhir, sementara SNMRK telah dilaksanakan sebanyak 5 kali dalam 1 dekade terakhir. Alhamdulillah, pada tahun ini, SSP dan SNMRK kembali dilaksanakan melalui satu seminar yang dilaksanakan di Kota Bandung, 1 Oktober 2015. Seminar ini melibatkan kepanitiaan dari beberapa universitas, yakni Program Studi Teknik Industri Universitas Telkom, Program Studi Teknik Industri Institut Teknologi Nasional, dan Kelompok Keahlian Sistem Manufaktur Institut Teknologi Bandung dengan dukungan dari Badan Kerjasama Penyelenggara Pendidikan Tinggi Teknik Industri, Badan Kejuruan Teknik Industri, dan Ikatan Sarjana Teknik Industri dan Manajemen Industri.

SSP XI dan SNMRK VI memiliki tema "*Operational Excellence towards Sustainability*" untuk menyambut tantangan perdagangan bebas yang akan dihadapi bangsa Indonesia dalam waktu dekat. Melalui seminar ini, para peneliti dan akademisi diharapkan dapat bertukar pikiran mengenai hasil penelitiannya dan dapat berdiskusi untuk memberikan saran perbaikan untuk meningkatkan daya saing bangsa Indonesia di dunia Industri.

Jurnal makalah yang berkontribusi pada seminar ini sebanyak 58 makalah yang berasal dari 22 perguruan tinggi dan 1 orang praktisi yang dikelompokkan ke dalam 11 macam topik penelitian baik terkait dengan manajemen dan rekayasa kualitas maupun sistem produksi. Semoga penyelenggaraan seminar ini dapat memberi manfaat dalam memajukan keilmuan di Indonesia, khususnya di bidang manufaktur.

Bandung, September 2015

Panitia Seminar Sistem Produksi XI &
Seminar Nasional VI Manajemen dan Rekayasa Kualitas

STRUKTUR KEPANITIAN SSP XI DAN SNMRK VI

Steering Committee & Reviewer

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Prof. Ir. Harsono Taroepratjeka, MSIE, Ph.D. 2. Prof. Dr. Ir. Bermawi P. Iskandar, M.Sc., Ph.D. 3. Prof. Dr. Abdul Hakim Halim 4. Prof. Dr. Ir. Dradjad Irianto, M. Eng. 5. Dr. Iwan I. Wiratmadja 6. Dr. Ir. T.M.A. Ari Samadhi, MSIE., Ph.D. 7. Ir. Rachmawati Wangsaputra, M.T., Ph.D. 8. Dr. Ir. Anas Ma'ruf, M.T. 9. Dr. Ir. Sukoyo, M.T. 10. Dr. Wisnu Aribowo, S.T., M.T. 11. Dr. Kusmaningrum Leksarianto | <ol style="list-style-type: none"> 12. Cahyadi Nugraha, S.T., M.T. 13. Arif Imran, Ph.D 14. Ir. Emsosfi Zaini, M.T. 15. Dr. Ir. Dida Dyah Damayanti, M.EngSC 16. Dr. Ir. Luciana Andrawina, M.T. 17. Dr. Kinley Aritonang 18. Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D. 19. Dr. Ir. Tjutju Tarlih Dimiyati, MSIE 20. Dr. Cucuk Nur Rosyidi, S.T., M.T. 21. Moses Laksono Singgih, S.T., MSc, MRegSc, Ph.D. |
|--|--|

Operating Committee

- | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Muhammad Akbar, S.T., M.T. 2. Sugih Arijanto, S.T., M.M. 3. Drs. Hari Adianto, M.T. 4. Rio Aurachman, S.T., M.T. 5. Atya Nur Aisha, S.T., M.T. | <ol style="list-style-type: none"> 6. Asisten Laboratorium Sistem Produksi ITB <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Afiq Bariz
 Ahmad Imaduddin
 Amalia Dwi Lestari
 Anugrah Rusdianto
 Arini Rahmawati
 Arsy Karima Zahra
 Citra Bulan Astrid </td> <td style="width: 50%;"> Dennis Adiprawira
 Jordan Syein
 Miranda Jayatri
 Mustika Sari
 Nurul Lathifah
 Qurrota A'yuni
 Rania Dian Savitri </td> </tr> </table> | Afiq Bariz
Ahmad Imaduddin
Amalia Dwi Lestari
Anugrah Rusdianto
Arini Rahmawati
Arsy Karima Zahra
Citra Bulan Astrid | Dennis Adiprawira
Jordan Syein
Miranda Jayatri
Mustika Sari
Nurul Lathifah
Qurrota A'yuni
Rania Dian Savitri | <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Ratna Widya
 Rizka Septriana Maharani
 Tommy Anglomas
 Vionita Atricia Wijaya
 Yasmin Aruni
 Yuni Bella Pertiwi </td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table> | Ratna Widya
Rizka Septriana Maharani
Tommy Anglomas
Vionita Atricia Wijaya
Yasmin Aruni
Yuni Bella Pertiwi | |
| Afiq Bariz
Ahmad Imaduddin
Amalia Dwi Lestari
Anugrah Rusdianto
Arini Rahmawati
Arsy Karima Zahra
Citra Bulan Astrid | Dennis Adiprawira
Jordan Syein
Miranda Jayatri
Mustika Sari
Nurul Lathifah
Qurrota A'yuni
Rania Dian Savitri | | | | | |
| Ratna Widya
Rizka Septriana Maharani
Tommy Anglomas
Vionita Atricia Wijaya
Yasmin Aruni
Yuni Bella Pertiwi | | | | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 7. Asisten Mahasiswa Prodi Teknik Industri ITENAS <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Arty Dewi Raspati
 Pandu Djati Sentano
 Anggita Muthia Dewi </td> <td style="width: 50%;"> Fithri H Megantari
 Rima Novyani Putri </td> </tr> </table> | Arty Dewi Raspati
Pandu Djati Sentano
Anggita Muthia Dewi | Fithri H Megantari
Rima Novyani Putri | | | | |
| Arty Dewi Raspati
Pandu Djati Sentano
Anggita Muthia Dewi | Fithri H Megantari
Rima Novyani Putri | | | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 8. Asisten Mahasiswa Prodi Teknik Industri Universitas Telkom <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> Vito Abisena
 Riska Anggreani
 Anna Annida N
 Terrin Eliska </td> <td style="width: 33%;"> Aminah Umi Khamidah
 Sita Nurlailly
 Annisa Puspa Sari
 Noviana </td> <td style="width: 33%;"> Syifa Pratiwi Arianti
 Shadika
 Ghyna Nur Fajrianti </td> </tr> </table> | Vito Abisena
Riska Anggreani
Anna Annida N
Terrin Eliska | Aminah Umi Khamidah
Sita Nurlailly
Annisa Puspa Sari
Noviana | Syifa Pratiwi Arianti
Shadika
Ghyna Nur Fajrianti | | | |
| Vito Abisena
Riska Anggreani
Anna Annida N
Terrin Eliska | Aminah Umi Khamidah
Sita Nurlailly
Annisa Puspa Sari
Noviana | Syifa Pratiwi Arianti
Shadika
Ghyna Nur Fajrianti | | | | |

GRUP-1
SUSTAINABILITY

Hasibuan, S. & Adiyatna, H.

PROFIL PEMANFAATAN TEKNOLOGI PADA INDUSTRI OLAHAN RUMPUT LAUT INDONESIA

(Halaman A-1)

Pratiwi, R. & Wangsaputra, R.

PENENTUAN WAKTU SIKLUS PROSES INJEKSI PLASTIK UNTUK MEMINIMASI BIAYA PRODUKSI DALAM KONSEP LEAN DAN GREEN

(Halaman A-15)

Amrina, E., Putri, N. T., & Kamil, I.

KONSEP SUSTAINABILITY DALAM PENDIDIKAN DAN KEILMUAN TEKNIK INDUSTRI

(Halaman A-25)

Sari, Y., Hidayat M. A., & Loa, J. L.

PEMODELAN SUSTAINABLE LIFESTYLE TERHADAP KESIAPAN MENGHADAPI ASEAN ECONOMIC COMMUNITY DENGAN STRUCTURAL EQUATION MODELING (STUDI KASUS: KOTA SURABAYA)

(Halaman A-33)

Mustajib, M. I., Anam, C., Prasetyo, T., Ilhamsah, H. A., Soenoko, R., & Sugiono

OPTIMASI MUTIRESPON PROSES SUSTAINABLE MACHINING PADA MESIN CNC MILLING MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI-PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)

(Halaman A-47)

GRUP-2
*Manajemen dan
Rekayasa Kualitas*

Siregar, K. & Syahputri, K.

USULAN PERBAIKAN KUALITAS PELAYANAN DENGAN INTEGRASI METODE FUZZY-SERVQUAL DAN RCA (ROOT CAUSE ANALYSIS) DI BANK X

(Halaman B-1)

Sari, R. M. & Syahputri, K.

PERBAIKAN METODE KERJA DENGAN PEMBUATAN STANDARD OPERATING PROCEDURES (SOP) PADA PROSES PRODUKSI CAST BRONZE DI PT. XY

(Halaman B-9)

Syahputri, K., Sari, R. M., & Sinaga, T. S.

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KUALITAS VCO (VIRGIN COCONUT OIL) DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANAVA

(Halaman B-17)

Fithri, P., Putri N. T., & Putra, A. P.

PERANCANGAN DOKUMEN SISTEM MANAJEMEN MUTU CV. CHERRY SARANA AGRO

(Halaman B-25)

Cahyono, O. A. & Wangsaputra, R.

USULAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI HATCH SPIN ASSY VH-B90GJN PADA PT DAIJO INDUSTRIAL (PLASTIC INJECTION DEPARTMENT) DENGAN METODE SIX SIGMA

(Halaman B-37)

Adianto, H., Rahman, F. A., & Rispianda

USULAN PENINGKATAN KUALITAS KAPAS HASIL PEREBUSAN MELALUI RANCANGAN EKSPERIMEN METODE TAGUCHI

(Halaman B-55)

Ariyanti, F. D. & Kurnia, M. I.

IMPLEMENTASI METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS, CAUSE-EFFECT DAN PARETO DIAGRAM PADA PERUSAHAAN STICKER PRINTING

(Halaman B-69)

Harsono, A., Novirani, D., & Fakhruddin, F. D. F

PERBAIKAN PROSES PENGISIAN TABUNG GAS ELPIJI 3 KG MENGIKUTI METODE SIX SIGMA DI PT. PATRA TRADING

(Halaman B-83)

Hadiyat, M. A.

SHAININ-LIKE CLASSICAL DESIGN OF EXPERIMENT: PENERAPAN DESIGN OF EXPERIMENT
TANPA MENGHENTIKAN PROSES ATAU MESIN PRODUKSI

(Halaman B-99)

Rofifah, N. A., Akbar, M., & Irianto, D.

PERANCANGAN STANDAR PERALATAN KONVERSI BAHAN BAKAR LPG UNTUK MESIN DUAL
FUEL BENZIN DAN GAS PADA PERAHU NELAYAN

(Halaman B-109)

Sari, Y., Hadiyat, M. A., Beatrice, C.

DESAIN DAN IMPLEMENTASI LEAN QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

(Halaman B-123)

Suryanto, A., Rahmalina, D., & Kasih T. P.

OPTIMASI PARAMETER PROSES LAS TITIK (RESISTANCE SPOT WELDING) PADA PLAT BAJA
DENGAN METODE TAGUCHI

(Halaman B-137)

Rahmawati, D. F. & Wiratmadja, I. I.

PENGEMBANGAN MODEL PENGARUH SOFT TQM TERHADAP ORGANIZATION COMMITMENT
DAN ORGANIZATIONAL PERFORMANCE STUDI KASUS PT. ASTRA OTOPARTS DIVISI ADIWIRA
PLASTIK

(Halaman B-147)

GRUP-3
*Pengembangan &
Perancangan Produk*

Mariawati, A. S. & Didin, F. S.

ANALISA GERAK AKTIF & PASIF TANGAN PASIEN PASCA STROKE KATEGORI MMT 4 SEBAGAI DASAR PERANCANGAN ALAT BANTU REHABILITASI

(Halaman C-1)

Arif, M. & Purnomo, T.

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PERAJANG SINGKONG DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI DAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)

(Halaman C-11)

Anizar & Tarigan, U.

PERBAIKAN DISAIN ALAT PENGUPAS KULIT KOPI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS KOPI ATENG

(Halaman C-27)

Ginting, R., Ginting, T. U. H. S., & Buchari

KAJIAN PENGEMBANGAN METODE KANO DAN QFD PADA PERANCANGAN PRODUK SARUNG TANGAN

(Halaman C-37)

Siregar, K., Ginting, R., & Siregar, I.

PENYUSUNAN KEBUTUHAN PELAYANAN UNIT HEMODIALISIS MENGGUNAKAN KANSEI ENGINEERING SERTA APLIKASI QFD

(Halaman C-45)

Gunawan, L. H., Iska, Amelia

PERANCANGAN SARANA BANTU TERAPI UNTUK ANAK DISLEKSIA USIA 6-8 TAHUN DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI

(Halaman C-55)

Melliana, Mesra, T., & Almasrizal

PERANCANGAN ALAT PENJERNIHAN AIR YANG EKONOMIS

(Halaman C-63)

Widaningrum, D. L.

CONSUMER PERCEPTION TOWARDS READY-TO-EAT PRODUCTS AT CONVENIENCE STORE

(Halaman C-73)

GRUP-4
***Perencanaan, Pengendalian
Produksi & Sistem Produksi***

Putri, N. T. & Mustaqim, R.

PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU PEMBUATAN READYMIX K-350 DENGAN METODE LOT SIZING DINAMIS (STUDI KASUS : PT.IGASAR)

(Halaman D-1)

Wadana, B. R. & Ma'ruf, A.

USULAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA NOVEL HEURISTIC APPROACH UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN DI CV KAWANI TEKNO NUSANTARA

(Halaman D-15)

Rifqi, M. & Ma'ruf, A.

USULAN PENJADWALAN PRODUKSI HYBRID DENGAN PENDEKATAN WORKLOAD CONTROL DI PERUSAHAAN MANUFAKTUR MAKE-TO-ORDER

(Halaman D-27)

Puspawardhani, G. & Yusriski, R.

PENJADWALAN JOB UNTUK SISTEM PRODUKSI MAKE TO ORDER ASSEMBLY SHOP DENGAN TUJUAN MEMINIMUMKAN MAKESPAN

(Halaman D-41)

Khannan, M. S. A., Ma'ruf, A., Wangsaputra, R., Sutrisno, & Wibawa, T.

METODE ALGORITMA GENETIKA UNTUK PENYELESAIAN MODEL CELLULAR MANUFACTURING SYSTEM YANG MEMPERTIMBANGKAN FLEKSIBILITAS URUTAN PROSES DAN PERUBAHAN DEMAND

(Halaman D-49)

Dilianaputri, A. & Wangsaputra, R.

PERANCANGAN MEKANISME SISTEM PRODUKSI TARIK PADA LINI PRODUKSI LEADING EDGE SKIN PESAWAT A320 PT. DIRGANTARA INDONESIA

(Halaman D-63)

GRUP-5
Sistem Informasi dan Otomasi
Sistem Produksi

Nugraha, C. & Sarjono, R.

SISTEM KONVEYOR OTOMATIS BERBASIS PLC UNTUK PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI DI
PRODI TEKNIK INDUSTRI ITENAS

(Halaman E-1)

Nugraha, C. & Arijanto, S.

RANCANGAN SISTEM PERANGKAT LUNAK INTERNAL ASSESSMENT PENGUKURAN KINERJA
MBCFPE BERBASIS KPKU- BUMN TAHAP II (6 KRITERIA PROSES + KRITERIA HASIL)

(Halaman E-9)

GRUP-6
Manajemen Proyek

Pratami, D., Octaviana, L., & Haryono, I.

**PERANCANGAN DOKUMEN AUDIT MANAJEMEN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN 10
KNOWLEDGE AREA PMBOK EDISI 5**

(Halaman F-1)

GRUP-7
*Perancangan Tata
Letak Fasilitas*

Nathaniel, P. & Ma'ruf, A.

PERANCANGAN TATA LETAK PABRIK BIODIESEL KEMIRI MINYAK PADA PT. BAS
MENGUNAKAN METODE SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING
(Halaman G-1)

Hilmi, F. & Ma'ruf, A.

USULAN METODE PERANCANGAN TATA LETAK GUDANG BARANG JADI STUDI KASUS: PT XYZ
(Halaman G-19)

Darmawan, R. I., Iqbal, M., Pratami, D., & Puspita, I. A.

PERBAIKAN TATA LETAK FASILITAS PRODUKSI MENGGUNAKAN ALGORITMA CRAFT
(Halaman G-33)

Aminda, D. & Ma'ruf, A.

PERANCANGAN TATA LETAK PABRIK DAN PENUGASAN PRODUK KE MESIN BERDUPLIKASI
UNTUK MEMINIMASI JARAK PERPINDAHAN MATERIAL
(Halaman G-45)

GRUP-8

***Sistem Pemeliharaan dan
Garansi Produk***

Husniah, H., Cakravastia, A., Liyawarman, N. & Iskandar, B. P.

OPTIMAL PREVENTIVE MAINTENANCE OF A REVENUE-EARNING ASSETS (CASE STUDY IN TUHUP COAL MINING SITE)

(Halaman H-1)

Soemadi, K., Iskandar, B. P., & Taroepratjeka, H.

OPTIMISASI PERAWATAN SISTEM TERDEGRADASI STOKASTIK DENGAN PERLAKUAN OVERHAUL DAN PENGGANTIAN

(Halaman H-11)

Ariani, F. & Siregar, S. F.

ANALISIS TINGKAT REALIBILITY ENGINEERING PADA MESIN FURNACE DI PT. ABC

(Halaman H-27)

GRUP-9
***Manajemen Teknologi &
Transfer Pengetahuan***

Zatnika, G. G. G. N., Wiratmadja, I. I.

PENGEMBANGAN MODEL TRANSFER PENGETAHUAN ANTARINDIVIDU TENTANG LISTRIK PRABAYAR (STUDI PADA PT PLN DISTRIBUSI JAWA BARAT DAN BANTEN)

(Halaman I-1)

Widyanto, F. A. & Wiratmadja, I. I.

ANALISIS PELUANG PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DENGAN EKSTRAKSI DATA WEB DAN KONSEP IDEALITAS TRIZ

(Halaman I-15)

Martin, B. & Wiratmadja, I. I.

PENGUKURAN TINGKAT KONTRIBUSI TEKNOLOGI PT SARANA KEJAYAAN CABANG KEBAYORAN

(Halaman I-29)

GRUP-10
Sistem Logistik dan Rantai
Pasok

Husniah, H., Anggriani, N., Khairani, S., Fithriati, I. N., & Supriatna, A. K.

MODEL DINAMIS TINGKAT PERSEDIAAN DUA JENIS STOCK DENGAN LAJU PRODUKSI SIGMOID DAN PENJUALAN BERSAMA

(Halaman J-1)

Adiyatna, H. & Hasibuan, S.

PEMODEL PENGELOLAAN RANTAI PASOK BERAS DALAM PENYELENGGARAAN KETAHANAN PANGAN BERAS DI TINGKAT KABUPATEN

(Halaman J-11)

Camelia, F. & Fithri, P.

SEPULUH ISU UTAMA DALAM LOGISTIK DAN MANAJEMEN RANTAI PASOK BESERTA TERAPANNYA DALAM SEBUAH SISTEM NYATA

(Halaman J-23)

Amrina, E. & Usman, N. A.

USULAN RUTE PENGIRIMAN PRODUK MINYAK GORENG KEMASAN DI PT INCASI RAYA PADANG

(Halaman J-31)

Wiguna, A. & Suprayogi

MASALAH PENENTUAN LOKASI FASILITAS DAN MODA TRANSPORTASI UNTUK DISTRIBUSI PRODUK MAJEMUK

(Halaman J-43)

GRUP-11
Optimisasi Sistem

Maimury, Y. & Tannady, H.

ANALISIS ANTRIAN PADA LOKET PEMBAYARAN PDAM WILAYAH III, TANGERANG

(Halaman K-1)

Iriani, Y. & Hidayat, K. Y.

OPTIMALISASI JUMLAH OPERATOR TEKNISI MESIN DENGAN MENGGUNAKAN TEORI ANTRIAN

(STUDI KASUS CV SANDANG MAKMUR LESTARI)

(Halaman K-9)

Tangkeallo, G. D. & Ma'ruf, A.

PERANCANGAN LINI PERAKITAN DUA SISI UNTUK SEPEDA MOTOR

(Halaman K-19)