

ISSN : 1412-3525

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SURABAYA



7th
NATIONAL
INDUSTRIAL
ENGINEERING
CONFERENCE
2 0 1 3



UBAYA
UNIVERSITAS SURABAYA



BSN **mastan**
Masyarakat Standardisasi Indonesia

PROCEEDING

**"Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World:
Enhancing Innovation & Sustainability Through Standards "**



KATA PENGANTAR

Selamat berjumpa kembali di *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013*. Kegiatan ilmiah rutin dua tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya, tahun ini bertemakan: *Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World: Enhancing Innovation & Sustainability through Standards*.

Dalam menghadapi era perdagangan bebas dan globalisasi, inovasi menjadi salah satu kunci keberhasilan organisasi/perusahaan/industri di dalam meningkatkan daya saing, melalui berbagai terobosan inovasi produk, proses maupun strategi. Di samping itu, organisasi/perusahaan/industri perlu mengembangkan suatu upaya dan strategi penerapan Standar dalam meningkatkan inovasi dan keberlanjutan organisasi/perusahaan/industri. Dalam rangka menyebarkan informasi dan hasil-hasil kajian terkait peranan keberadaan Standar terhadap peningkatan inovasi dan keberlanjutan suatu organisasi, maka *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013* membahas *Enhancing Innovation & Sustainability through Standards* sebagai tema utama.

Seminar nasional ini menyajikan 62 makalah terpilih yang berasal dari partisipasi para peneliti, akademisi dan praktisi dari institusi pendidikan, industri dan pemerintah. Topik makalah yang dibahas meliputi rumpun ilmu: desain dan ergonomi, sistem manufaktur, rekayasa dan manajemen kualitas, *performance measurement*, *logistics and supply chain management* dan *technopreneurship*.

Kiranya melalui Seminar nasional ini, para peserta memperoleh kesempatan meningkatkan wawasan, membangun kerja sama antar para akademisi, praktisi industri dan pemerintah, serta menginspirasi berkembangnya ide-ide kreatif dan inovatif bagi kemajuan dan kesejahteraan bersama.

Terima kasih atas segala usaha dan partisipasi seluruh pihak yang telah mendukung penyelenggaraan *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013*.

Surabaya, 10 Oktober 2013

Editor



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Evaluasi dan Pemetaan Safety Behavior Pekerja di Industri Manufaktur (Studi kasus : Industri Cat di Surabaya)	1
Linda Herawati Gunawan	
Evaluasi Desain Antar Muka (<i>Interface</i>) dengan Menggunakan Pendekatan Kemudahan Penggunaan (Studi Kasus Portal Mahasiswa Universitas X)	8
Dino Caesaron, Andrian dan Cyndy Chandra	
Model Simulasi Alternatif Penambahan Mesin Pengolah Serat Non-Kayu untuk Meningkatkan Produksi Kertas: Studi Kasus	15
Levinia Dian Laraswati, Yuniaristanto dan Wahyudi Sutopo	
Analisis Penguasaan Teknologi Pada Perusahaan Sepatu dengan Pendekatan Metoda Teknometrik	22
Agus Riyanto	
Model Alokasi dan Penugasan Pada Produksi Semen dengan Mempertimbangkan Biaya Distribusi dan Pemenuhan Pasar: Studi Kasus	28
Rina Wiji Astuti, Muh. Hisjam dan Wahyudi Sutopo	
Strategi Pemilihan Material dalam Desain Low Cost Anthropomorphic Prosthetic Hand	35
Fitri Purnamasari, Ilham Priadythama dan Susy Susmartini	
Integrasi <i>Kansei Engineering</i> dan <i>Customer Relationship Management</i> untuk Meningkatkan Kepuasan dan Loyalitas Konsumen Rumah Makan Kelas Menengah Atas di Surabaya	42
Andrew Octavianus Winardi, Markus Hartono dan Rosita Meitha Surjani	
Identifikasi Permasalahan Proses Bisnis Pengolahan Bahan Baku Obat Tradisional Klaster Biofarmaka Karanganyar dengan Metode <i>Root Cause Analysis</i> (RCA)	48
Fakhrina Fahma, Retno Wulan Damayanti dan Esti Koco Susilowati	
Model Perencanaan Rantai Pasok untuk <i>Consumer Goods</i> di PT. XYZ	55
Cynthia Ayuningtyas, Yuniaristanto dan Wakhid Ahmad Jauhari	



Aplikasi NIOSH <i>Lifting Equation</i> pada Simulasi <i>Manual Lifting Task</i> Air Minum Kemasan Galon	62
Aloysius Sujarwadi	
Kajian Model Kualitas Layanan, Kepuasan Pelanggan, dan Loyalitas Pelanggan dengan Aplikasi <i>Structural Equation Modeling</i> serta Upaya Peningkatan Kualitas Layanan di Fitness Centre	69
Yenny Sari, Rosita Meitha Surjani, dan Rita Tang	
Usulan Penjadwalan untuk Minimasi <i>Lateness</i> di Industri <i>Make-to-Order</i> (Studi Kasus pada PT X)	77
Istiadi Prasetio dan Anas Ma'ruf	
Analisis Potensi Utilisasi Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kota Metropolitan: Suatu Pendekatan Model Berbasis Sistem Dinamik (<i>Study Kasus: TPA Kota Surabaya</i>)	84
Bing An, Lusi Mei Cahya W, dan Ahmad Fatih Fudhla	
Integrasi <i>Grey Relational Analysis</i> dan <i>Steepest Ascent</i> untuk Eksperimen Taguchi dalam Kasus Multirespon	91
Rahman Dwi Wahyudi	
Evaluasi dan Perancangan Kursi Kuliah dan Tata Letak Fasilitas Ruang Kuliah yang Ergonomis	98
Silviani dan Johanna Renny Octavia Hariandja	
Perancangan Klasifikasi Pelanggan sebagai Dasar bagi Pengembangan <i>Customer Relationship Management</i> di PT 'X' Pasuruan	106
Esti Dwi Rinawiyanti	
Perbaikan Sistem Produksi Menggunakan <i>Methods-Time Measurement</i> dan Pengukuran <i>Learning Curve</i> di PT. Catur Pilar Sejahtera	113
Donna Donny Natalio Santoso, Markus Hartono dan Linda Herawati Gunawan	
Perancangan Tata Letak Gudang Tepung Terigu di PT. X, Sidoarjo	121
Jane Thirza Kwenusland, Indri Hapsari dan Jerry Agus Arlianto	
Model Penjadwalan Tenaga Kerja untuk Perawatan Pesawat Terbang <i>Line Maintenance</i>	130
Geby Amanda Putri dan Anas Ma'ruf	
Usulan Metode Perhitungan Peramalan Nilai Eskalasi Biaya PT Dirgantara Indonesia Menggunakan Model Peramalan Struktural dan Model ARIMA	137
Emil Zola Farkhan dan Rachmawati Wangsaputra	



Perancangan Sistem Pemeriksaan Kondisi Klem Sambungan Transformator 150/20 KV untuk Implementasi <i>Condition Based Maintenance</i> dengan <i>Graphical User Interface</i>	143
Prasidhi Artono dan Rachmawati Wangsaputra	
Identifikasi Variabel Cost Driver dalam Model Perhitungan Biaya Desain Assembly menggunakan Perangkat Lunak CAD	152
M Qomarul Huda dan Anas Ma'ruf	
Perancangan Alternatif Desain Tata Letak Hanggar 4 pada PT X dengan Pendekatan <i>Robust Layout</i>	159
Shafa Atrining Probosari dan Anas Ma'ruf	
Peningkatan Performansi Sistem Produksi Melalui Perbaikan Tata Letak Fasilitas dengan Pendekatan Sistem <i>Hybrid Cellular Manufacturing</i>	166
Citra Astari dan Rachmawati Wangsaputra	
Perancangan Proses Produksi Tarik pada Departemen Produksi <i>Pipe Frame Head</i> PT Sinar Terang Logamjaya	174
Enggar Yuwandani dan Rachmawati Wangsaputra	
Usulan Model Penjadwalan <i>Job-shop</i> dengan Fleksibilitas <i>Routing</i> untuk Meminimasi <i>Makespan</i> dan Meningkatkan Nilai <i>Leanness</i> di PT Sinar Terang Logamjaya	183
Zafira Putrid dan Rachmawati Wangsaputra	
Studi dan Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Minat Berwirausaha di Kalangan Mahasiswa: Kerangka Teoritis dan Model Konseptual Awal	190
Esti Dwi Rinawiyanti dan Linda Herawati Gunawan	
Perancangan Model Pengukuran Tingkat Kesiapan Technoware dan Humanware Laboratorium dalam Memenuhi Persyaratan SNI ISO/IEC 17025	197
Saeful Islam dan Dradjad Irianto	
Usulan Perbaikan Utilitas Mesin Produksi Di PT X	207
I Wayan Sukania dan Marcella	
Simulasi Desain Hasil Usulan Perancangan Konsep Kontainer Plastik Pada Perusahaan Ritel Menggunakan <i>Finite-Element Analysis Method</i> Dan <i>Motion Study</i> Pada <i>Software Solidworks 2012</i>	213
Althofulkarim Zahid	
Rancangan Perbaikan <i>Stopkontak</i> Melalui Pendekatan Metode DFMA dengan Integrasi TRIZ pada PT. XYZ	229
Rosnani Ginting dan Yogi Khairi Hasibuan	



Identifikasi Faktor Resiko Dalam Mengantisipasi Kecelakaan Kerja	236
Niluh Putu Hariastuti	
Peningkatan Kualitas Pasir Cetak Hitam dengan Metode <i>Split Plot Design</i>	245
Debora Anne Yang Aysia	
The Indonesian Anthropometry Revisited: An Empirical Study Involving University Students	252
Markus Hartono	
Perancangan Sistem Estimasi Biaya Menggunakan Metode <i>Activity-Based Costing</i> untuk Produk <i>Progressive Dies</i> (Studi Kasus PT X)	258
Indah Irdianti Rochandhi dan Anas Ma'ruf	
Pemetaan dan Penguatan Potensi Wisata Kuliner di Yogyakarta	265
Dewi Hajar, Anas Hidayat dan Agus Mansur	
Optimasi Biaya Distribusi Beras Dengan Menggunakan Metode Linear Programming (Studi Kasus Perum Sub Divisi Regional I Bandung)	273
Yani Iriani dan Ketut Adi Sudarma	
Usulan Alat Bantu untuk Meminimasi Pemborosan Pada Proses Produksi Kantong Semen Padang	280
Yesmizarti Muchtiar, Aidil Ikhsan dan Ivan Fadli	
Model Konseptual Implementasi Lean Manufacturing antara <i>Operational</i> dan <i>Dynamic Capability</i> Perusahaan	287
Didit Damur Rochman, Hana Suryana dan Agus Rahayu	
Perancangan Tata Letak Pabrik dengan Menggunakan <i>Virtual Cellular Manufacturing System</i> (Studi kasus PT X)	294
Bernard Muljadi dan Anas Ma'ruf	
Perbaikan Proses Perakitan Produk Di PT. Almendo	303
Iis kartika	
Penentuan Pola Data Pembangkit <i>Fuzzy Failure Mode Effect Analysis</i> Dalam Rangka Perbaikan Kualitas Proses Perakitan <i>Transfer Case</i> (Studi Kasus:PT X)	309
Johnson Saragih, Dedy Sugiarto dan Rina Fitriana	
Simulasi Pemodelan Segmented Autoregressive Untuk Peramalan Data Interrupted Time Series	316
M. Arbi Hadiyat	



Pengaruh Aktivitas Kolaborasi terhadap Manajemen dan Daya Kolaborasi antar-UKM di Sentra Batik Studi Kasus di Sentra Batik Pesindon	323
Amalia dan Iwan Inrawan Wiraatmadja	
Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) pada Sistem Pemeliharaan Transformator	330
Iveline Anne Marie, Docki Saraswati, Sumiharni Batubara dan Amal Witonohadi	
Peningkatan Performansi Perencanaan Produksi Operasional <i>Pipe Frame Head</i> Melalui Model <i>Update Kapasitas Heuristik Berbasis Mixed Strategy</i>	338
Devy Nurmalia Sari dan Rachmawati Wangsaputra	
Ekstrapolasi Tren Substitusi Teknologi antara Teknologi MILC dan DSLR	345
Faisal Adiprabowo Widyanto dan Iwan Inrawan Wiratmadja	
Penyusunan Rencana Pengembangan Energi Terbarukan Indonesia dengan Metode <i>Logical Framework Approach</i>	352
Rahmadani Dian Pratiwi dan Tota Simatupang	
Studi dan Analisis Kelayakan Finansial Alternatif Peluang Usaha Industri Daur Ulang Plastik	360
Ferdy Kosashi, Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
Penerapan Sistem Pakar dengan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) pada CV. Ari	367
Rina Fitriana, Johnson Saragih dan Andrew Kurnia Setiawan	
Sistem Pemadam Kebakaran Kendaraan Berpenumpang	374
Yuwono B Pratiknyo, Amelia Santoso, Hudiyo F, Sunardi Tjandra, Yon H dan Susila Candra	
Pengembangan Model Optimasi <i>Multi objective</i> untuk VRPTW dengan Kebijakan Sistem Persediaan (s,S)	381
Dina Natalia Prayogo	
Pembuatan Alat Bantu Simulasi Dalam Rangka Perancangan <i>Reconfigurable Manufacturing System</i> Di Industri Manufaktur	389
Inaki Maulida Hakim dan Ilham Winoto	
Rantai Nilai Inovasi Terpadu: Sebuah model konseptual dan hipotesa awal	396
Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
Pengendalian Potensi Bahaya Berdasarkan Pendekatan <i>Participatory Ergonomics</i> dalam Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan di Tempat Kerja (Studi Kasus di PT.Grandtex)	404
Paulus Sukapto, Harjoto Djojosebroto dan Zuelfandy	



Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Dalam Mengidentifikasi Dan Meminimasi Waste Produk Granit Di Divisi Produksi Pada PT. Impero Granito Utama	414
Muhammad Kholil dan Kukuh Wilujeng	
Modifikasi Waktu Standard Pelayanan Untuk Meminimumkan Jumlah Antrian (Studi Kasus : Gerbang Tol Ancol Barat)	427
Hendy Tannady, Riyan dan Wahyu Eka	
Rancangan Pengembangan Sistem Informasi Distribusi Obat Untuk Pasien Rawat Inap Berbasis <i>Integrated System</i> (Studi Kasus Rumah Sakit XYZ)	434
Septy Waldania Lestari dan Erlangga Fausa	
Penjadwalan Produksi <i>Flow Shop</i> Sax Keypost Dengan <i>Mixed Integer Programming</i>	442
Nina Maratus Sholikhah, Ilyas Masudin dan Dana Marsetya Utama	
Evaluasi Implementasi Perangkat Lunak Sistem Pengukuran Kinerja dengan Menggunakan <i>Technology Acceptance Model</i>	449
Syarifa Hanoum, Chandra Budiman dan Effi Latiffianti	
Perancangan Konten E-Learning Software Solidcam Sebagai Alat Bantu Ajar Proses Manufaktur Untuk Mahasiswa Teknik Industri IT Telkom Menggunakan Model Addie Tahap Analisis Dan Desain	456
M Rizki Hadyan F	
Membangun Aplikasi <i>E-Learning</i> Software Solidcam Untuk Mahasiswa Teknik Industri Ittelkom Dengan Menggunakan Metode <i>Addie Instructional Design Model</i>	472
Asep Berna Saefullah, Rino Andias Anugraha dan M. Nashir Ardiansyah.	



Integrasi *Grey Relational Analysis* dan *Steepest Ascent* untuk Eksperimen Taguchi dalam Kasus Multirespon

Rahman Dwi Wahyudi
Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya
Raya Kalirungut, Surabaya 60293, Indonesia
E-mail: rahman.dwi.wahyudi@staff.ubaya.ac.id

Abstrak

Peninjauan faktor yang berpengaruh terhadap kualitas selalu dilakukan dalam upaya peningkatan kualitas. Salah satu tools yang dapat digunakan dalam peninjauan tersebut adalah Taguchi yang dianggap mudah untuk digunakan oleh praktisi dan akademisi. Namun, metode Taguchi tidak mampu memberikan jawaban tentang nilai spesifik tertentu dari level faktor untuk dapat menghasilkan respon yang optimum. Hal tersebut tidak terjadi pada penggunaan Response Surface Methodology (RSM). Dengan demikian, perlu dilakukan pengintegrasian metode optimisasi pada Taguchi dengan mengadopsi prosedur RSM. Tidak cukup sampai hal tersebut, kebanyakan dari tools tersebut digunakan untuk kasus respon single termasuk Taguchi. Sehingga, perlu dilakukan pengintegrasian metode Grey Relational Analysis (GRA) dalam eksperimen Taguchi untuk kasus multirespon. Dalam makalah ini akan diberikan contoh kasus peningkatan kualitas untuk mengembangkan metode integrasi Steepest Ascent-Taguchi pada kasus multirespon.

Kata kunci: Taguchi, Steepest Ascent, Multirespon, Grey Relational Analysis, Optimisasi level faktor

Abstract

Observing factors influencing the product's quality is always conducted in quality improvement. Taguchi is one of some tools, which can be used in that observation. However, Taguchi still has weakness in giving specific value of level of factor for resulting the optimum response. This weakness is not met by using Response Surface Methodology (RSM). Thus, integrating optimization method and Taguchi is strongly needed by adopting the procedures of RSM. Not only considering that weakness but also considering the limitation of using Taguchi for single response case, development of using Taguchi for multiresponse case is also becoming attention in this paper. Grey Relational Analysis (GRA) is a algorithm that becomes solution for multiresponse case. In this paper, the example of quality improvement for developing the integration of Steepest Ascent-Taguchi method in multiresponse case would be conveyed.

Keywords: Taguchi, Steepest Ascent, Multiresponse, Grey Relational Analysis, level of factor optimization

1. Pendahuluan

Peningkatan kualitas adalah topik yang selalu mendapat perhatian dari akademisi ataupun praktisi. Dari waktu ke waktu upaya peningkatan kualitas terus dilakukan baik secara *offline control* ataupun *online control*. Hal ini karena kualitas menjadi salah satu kunci keberhasilan dalam suatu perusahaan untuk memenangkan hati pelanggannya dimana penentu dari kepuasan pelanggan adalah *perceived quality* [1]. Hingga saat ini telah banyak definisi kualitas yang dikemukakan di beberapa referensi pengendalian kualitas dimana semua definisi tersebut memiliki kalimat kunci bahwa kualitas berkaitan erat dengan pemenuhan terhadap



spesifikasi yang dapat memuaskan pelanggan. [2]. Oleh karena itu setiap perusahaan berlomba-lomba untuk meningkatkan kualitas produknya dengan meninjau kembali faktor-faktor apa sajakah yang berpengaruh terhadap kualitas produknya. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa *tools* yang diteliti dan dikembangkan dari waktu ke waktu. *Tools* tersebut antara lain *Design of Experiment* (DoE), *Response Surface Methodology* (RSM) dan Taguchi.

Dalam upaya peningkatan kualitas, DoE memiliki tujuan untuk mendeskripsikan secara sederhana istilah nonmetematis tentang variasi hasil dalam teknik statistik yang *powerful* untuk memecahkan masalah kualitas yang kritis [3]. Masalah kualitas yang kritis tersebut merupakan faktor ataupun *treatment* selama proses produksi berlangsung yang dapat mempengaruhi hasil dari proses produksi. Dengan menggunakan DoE, pengamat dan pengendali kualitas dapat menginvestigasi faktor-faktor apa saja yang memberikan pengaruh terhadap hasil secara signifikan. Dalam perkembangannya, DoE tidak hanya digunakan untuk mengetahui pengaruh dari faktor tetapi juga untuk mendeteksi hasil yang optimum dari suatu pengaturan faktor. Dari perkembangan inilah muncul *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mencari hasil yang optimum dari suatu pengaturan faktor melalui pendekatan metode optimisasi. Secara umum, RSM mencakup tiga *stage* yaitu (a) *design of experiment*, (b) *response surface modeling* dengan menggunakan regresi dan (c) optimisasi [4]. Metodologi ini telah banyak diterapkan di berbagai bidang seperti pertanian, manufaktur dan penelitian ilmiah. Namun demikian, kedua *tools* tersebut harus selalu memenuhi asumsi statistik klasik ketika melakukan pemodelan matematisnya [5]. Oleh karenanya, banyak kalangan praktisi yang menemukan kesulitan saat menggunakan *powerful tools* tersebut untuk memecahkan kesulitan mereka.

Dalam perkembangannya, Dr. Genichi Taguchi mengenalkan metode baru dalam upaya peningkatan kualitas yang akhirnya lebih dikenal dengan metode Taguchi. Dr. Genichi Taguchi mengembangkan seperangkat teknik peningkatan kualitas berdasarkan pada prinsip statistik dan ilmu rekayasa utilitas. Dengan menyadari pentingnya keterkaitan kualitas dengan kerugian financial, Dr. Taguchi telah mengembangkan metodologi yang dapat membuat keputusan kualitas berdasarkan *cost effectiveness* [6]. Metodologi yang ditawarkan Dr. Genichi adalah pengamat dan pengendali kualitas tidak perlu memenuhi asumsi statistik klasik, sehingga akan lebih mudah digunakan baik oleh akademisi ataupun praktisi. Pada metode Taguchi, terdapat dua alat utama dalam menganalisis data yaitu *Orthogonal Array* dan *Signal to Noise Ratio* [7]. Walaupun demikian, metode yang ditawarkan Dr. Genichi ini masih memiliki kekurangan. Metode Taguchi tidak mampu memberikan jawaban tentang nilai tertentu dari level suatu kombinasi pengaturan faktor seperti jawaban yang diberikan oleh RSM. Selama ini nilai level yang menjadi solusi dari Taguchi adalah berasal dari nilai-nilai level yang telah disediakan peneliti, padahal hasil terbaik dapat dimungkinkan berasal dari paduan nilai level diluar ketetapan peneliti. Oleh karenanya, perlu dilakukan suatu penelitian tentang integrasi metode optimisasi dengan Taguchi.

Pada penelitian sebelumnya, upaya mengintegrasikan steepest ascent pada metode Taguchi telah dilakukan untuk mencari kombinasi level faktor yang optimum [5]. Hal tersebut sangatlah sesuai untuk menutupi kekurangan Taguchi yang tidak dapat menyebutkan kombinasi faktor yang optimum untuk mendapatkan solusi optimum. Dengan integrasi metode optimisasi pada Taguchi diperoleh banyak manfaat.

Sama seperti kondisi idealnya, Taguchi diterapkan untuk respon *single*. Namun pada kondisi riil, sebagian besar proses produksi akan menghasilkan beberapa ukuran kualitas dimana



ukuran tersebut sekaligus menjadi respon variable. Dalam kondisi seperti ini, pengamat kualitas secara ideal akan berasumsi bahwa kasus dengan banyak respon tersebut dapat dipecah menjadi beberapa kasus respon *single*. Jika demikian, akan terdapat kemungkinan bagian yang belum terakomodasi dalam asumsi tersebut seperti kemungkinan adanya pengaruh antar respon variabel, prioritas antar respon variabel jika dinilai secara integratif, dan lain sebagainya. Guna mengatasi masalah ini, penelitian untuk mengembangkan penggunaan Taguchi untuk kasus dengan banyak respon dilakukan pada penelitian sebelumnya [8]. Berdasarkan uraian inilah penelitian dengan mengintegrasikan GRA dan metode optimisasi pada Taguchi sangat diperlukan.

2. Pengumpulan data

Pada makalah ini, data yang digunakan untuk membantu menjelaskan pengembangan metode Taguchi adalah berasal dari makalah yang berjudul Metode Taguchi Multirespon Menggunakan Prosedur Topsis [9]. Dalam makalah tersebut dilakukan percobaan dengan menggunakan 2 faktor yang masing-masing terdiri dari 3 level. Percobaan tersebut adalah percobaan optimisasi multirespon untuk menentukan komposisi lem pada PVC Film. Disebutkan bahwa dua faktor yang berpengaruh adalah faktor A dan faktor B, sedangkan respon dalam percobaan ini adalah kecepatan rekat dan daya rekat. Data yang diperoleh adalah data *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang tersaji pada Tabel 1. Pada respon daya rekat digunakan SNR-*larger the better* (SNR_{ltb}) sedangkan untuk respon cepat rekat menggunakan SNR-*smaller the better* (SNR_{stb}).

Tabel 1. Nilai SNR masing-masing Faktor

No	A	B	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat
1	1	1	3	20,583
2	1	2	6	20,535
3	1	3	9	21,656
4	2	1	3	23,868
5	2	2	3	23,341
6	2	3	6	22,443
7	3	1	3	24,35
8	3	2	7	22,522
9	3	3	3	18,831

3. Integrasi Grey Rational Analysis dan Steepest Ascent pada Taguchi

Algoritma *Grey Rational Analysis* (GRA) yang berdasarkan *Grey System Method*, saat ini telah banyak diterapkan di berbagai bidang termasuk dalam proses manufaktur [10]. Melalui perhitungan *Grey Relational Grade* dalam algoritma GRA, beberapa multivariabel dapat diformulasikan kedalam satu variabel saja sehingga dalam hal ini kasus multirespon dapat diubah menjadi kasus respon *single*. Berdasarkan data pada Tabel 1, perhitungan *Grey Relational Grade* untuk kasus dalam makalah ini dapat diikuti seperti langkah berikut.

Langkah 1. Menentukan the referential series dan the compared series

Pada penjelasan sebelumnya telah diterangkan bahwa data SNR Cepat Rekat merupakan respon *smaller the better* dan data SNR Daya Rekat merupakan respon *larger the better*. Dengan demikian, the referential series X_0 adalah 3 dan 24,35. Sedangkan compared series



X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, X₈ dan X₉ adalah running eskperimen pertama hingga ke sembilan dengan beberapa kemungkinan kombinasi level.

Langkah 2. Membuat data dimensionless dan menghitung perbedaan nilai the referential series dengan the compared series (Δ_{oi}(j))

Sebelum perhitungan grey relational coefficients, data dapat dinormalisasi melalui tiga cara yaitu:

- a. *Upper-bond effectiveness measuring* (seperti *larger-the-better*)

$$x_j^*(j) = \frac{x_i(j) - \min x_i(j)}{\max x_i(j) - \min x_i(j)} \tag{1}$$

- b. *Lower-bond effectiveness measuring* (seperti *smaller-the better*)

$$x_j^*(j) = \frac{\max x_i(j) - x_i(j)}{\max x_i(j) - \min x_i(j)} \tag{2}$$

Dimana: max x_i(j) adalah nilai maksimum dari entitas j dan min x_i(j) adalah nilai minimum dari entitas j

- c. *Moderate effectiveness measuring* (seperti *nominal-the-best*)

$$x_i^*(k) = \frac{|x_i(j) - x_{ob}(j)|}{\max x_i(j) - \min x_i(j)}, \text{ jika } \min x_i(j) \leq x_{ob}(j) \leq \max x_i(j) \tag{3}$$

$$x_i^*(j) = \frac{x_i(j) - \min x_i(j)}{x_{ob}(j) - \min x_i(j)}, \text{ jika } \max x_i(j) \leq x_{ob}(j) \tag{4}$$

$$x_i^*(j) = \frac{\max x_i(j) - x_i(j)}{\max x_i(j) - x_{ob}(j)}, \text{ jika } x_{ob}(j) \leq \min x_i(j) \tag{5}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan perbedaan nilai the referential series dengan the compared series (Δ_{oi}(j)) dengan formula (6) seperti berikut.

$$\Delta_{oi} = |x_o(j) - x_i(j)| \tag{6}$$

Langkah 3. Menghitung Grey Relational Grade

Langkah berikutnya adalah menghitung Grey Relational Coefficient dan Grey Relational Grade. Grey Relational Coefficient dapat ditentukan dari formula 7. Sedangkan Grey Relational Grade dapat ditentukan dari formula 8.

Grey Relational Coefficient

$$\gamma_{oi}(j) = \frac{\Delta_{min} + \Delta_{max}}{\Delta_{oi}(j) + \Delta_{max}} \tag{7}$$

Grey Relational Grade

$$\Gamma_{oi} = \sum_{j=1}^k w_j \gamma_{oi}(j) \tag{8}$$

Dimana w_j merupakan bobot untuk masing-masing respon. Dalam kasus ini, pemberian bobot dilakukan sama besar. Berdasarkan langkah-langkah tersebut diatas, hasil pengolahan untuk kasus ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Grey Relational Analysis

No	Data Dimensionless		Hasil Δ _{oi} (j)		γ _{oi} (j)		Γ _{oi}
	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	
<i>Reference Series</i>	1	1					
1	1	0,317448813	0	0,682551	1	0,594	0,7972
2	0,5	0,308751585	0,5	0,691248	0,66667	0,591	0,629
3	0	0,511868092	1	0,488132	0,5	0,672	0,586
4	1	0,912665338	0	0,087335	1	0,92	0,9598



No	Data Dimensionless		Hasil $\Delta 0i$ (j)		$\gamma 0i$ (j)		$\Gamma 0i$
	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	
<i>Reference Series</i>	1	1					
5	1	0,817177025	0	0,182823	1	0,845	0,9227
6	0,5	0,654466389	0,5	0,345534	0,66667	0,743	0,7049
No	Data Dimensionless		Hasil $\Delta 0i$ (j)		$\gamma 0i$ (j)		$\Gamma 0i$
	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	SNR Cepat Rekat	SNR Daya Rekat	
<i>Reference Series</i>	1	1					
7	1	1	0	0	1	1	1
8	0,333333333	0,668780576	0,666667	0,331219	0,6	0,751	0,6756
9	1	0	0	1	1	0,5	0,75

Pada tahap ini, proses konversi kasus multirespon menjadi respon *single* telah dilakukan, sehingga metode Taguchi dapat digunakan sebagaimana biasanya. Pada GRA nilai *Grey Relational Grade* dapat dianggap sebagai nilai respon baru yang telah mewakili beberapa respon yang ada sebelumnya.

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa Taguchi perlu diintegrasikan dengan metode optimisasi agar didapatkan nilai level tertentu untuk suatu kombinasi yang dapat memberikan respon yang optimum. Setelah dilakukan GRA, data pada kasus Tabel 1 selanjutnya diolah dengan menggunakan integrasi Taguchi dengan Steepest Ascent (atau Descent) yang sebelumnya telah perkenalkan oleh Hadiyat dan Wahyudi [5]. Dengan mengadopsi prosedur RSM dapat diperoleh nilai level tertentu yang dapat memberikan solusi optimum. Tahapan pengoptimisasian dapat dilakukan dengan membangun model regresi untuk order pertama dimana nilai level 1, 2, 3 untuk A dan B mewakili “low”, “medium” dan “high”. Dalam kasus ini diperoleh model regresi sebagai berikut:

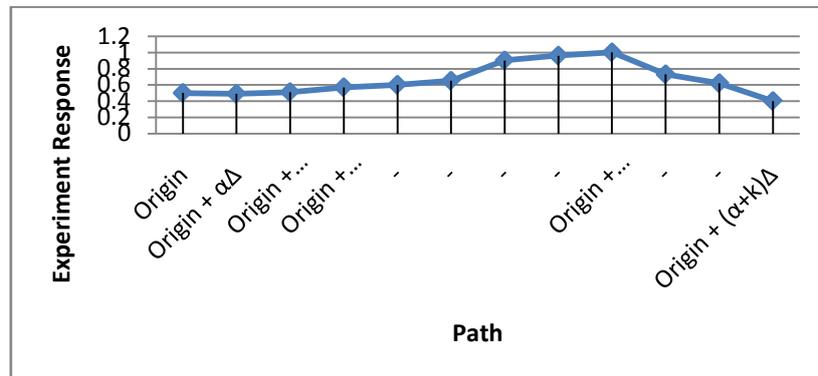
$$Y = 0,88145 + 0,06891A - 0,11935B \tag{9}$$

Selanjutnya model regresi pada formula 8 dilakukan uji *Lack of Fit* (LOF) jika pada model tidak terdapat LOF respon tergambar secara linear dan tidak ada nilai optimum diantara level sehingga perlu dilakukan pergeseran kombinasi level ke area yang memiliki nilai optimum. Pergeseran tersebut merupakan *path* dari *steepest ascent* ataupun *descent*. *Path* untuk menggeser level dapat dihitung dari rasio kedua koefisien regresi pada formula 8. Berdasarkan formula 8, didapatkan nilai koefisien dari A dan B secara berturut-turut adalah 0,06891 dan -0,11935. Dengan demikian didapatkan *path* untuk *steepest ascent* adalah sebesar $(-0,11935)/0,06891 = -1,7319$. Nilai -1,7319 berarti bahwa saat A digeser pada nilai A yang baru sebesar 1 satuan, nilai B juga akan bergeser pada nilai B yang baru sebesar -1,7319 satuan. Pergeseran ini dilakukan secara terus-menerus hingga didapatkan nilai respon yang optimum.

4. Kesimpulan dan diskusi

Dari *path* yang telah terbentuk, nilai baru A dan B setiap pergeseran dapat diterapkan dalam eksperimen untuk mengetahui hasil atau respon yang didapatkan. Dengan demikian dari hasil *running* setiap pergeseran nilai A dan B akan dapat diketahui nilai respon yang lebih baik

diantara setiap pergeserannya. Jika *path* dari setiap pergeseran dan hasil eksperimen digambarkan dalam suatu grafik, kemungkinan akan terlihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Respon variable selama pergeseran nilai level faktor dalam *path* tertentu

Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa nilai axis merupakan *path* dari optimisasi. Terlihat bahwa eksperimen dimulai pada titik origin lalu bergeser sebesar $\alpha\Delta$ dimana dalam kasus ini nilai Δ adalah -1,7319 dan α merupakan konstanta pengali yang biasanya mengikuti deret aritmatika. Sedangkan nilai dari ordinat merupakan nilai respon dari eksperimen. Nilai respon pada Gambar 1 akan menjadi valid jika setiap nilai pada *path* diterapkan dalam eksperimen. Sehingga bentuk dari grafik itu sendiri akan memiliki kemungkinan bentuk yang berbagai macam. Namun demikian, hal yang ingin ditekankan pada Gambar 1 adalah akan terdapat suatu respon yang lebih baik dari pada respon yang lain disuatu titik kombinasi level faktor tertentu. Titik tersebut akan diketahui jika dilakukan pergeseran secara bertahap. Pada Gambar 1 terlihat bahwa ketika dilakukan pergeseran kombinasi level faktor awal (origin) sebesar $\alpha\Delta$, respon yang didapatkan memiliki *trend* naik hingga mencapai nilai terbaiknya pada pergeseran krigin sejauh $(\alpha+n)\Delta$ dan respon tersebut akan menurun kembali jika dilakukan pergeseran sejauh lebih dari $(\alpha+n)\Delta$ hingga $(\alpha+k)\Delta$. Dengan demikian, dapat ditentukan bahwa kombinasi level faktor $(\alpha+n)\Delta$ dapat memberikan respon yg optimum. Inilah kelebihan dari integrasi Taguchi dengan metode optimisasi dan GRA. Dalam kasus lain dimungkinkan akan ditemukan nilai optimum lebih dari satu. Oleh karenanya metode optimisasi dan arah *path* yang tepat akan sangat mempengaruhi hasil dan iterasi pencarian nilai optimum. Bagaimanapun, setidaknya makalah ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ide penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [5]. Dengan demikian, hasil dari penelitian sebelumnya dapat diterapkan pada kasus multi respon secara mudah dan sederhana.

5. Daftar rujukan

- [1] J. J. Cronin, M. K. Brady dan G. T. Hult, "Assessing the Effects of Quality, Value, and Customer Satisfaction on Consumer Behavioral Intentions in Service Environments," *Journal of Retailing*, p. 193–218, 2000.
- [2] Oschman dan Auriacombe, "A Conceptual Analysis of Total Quality Management (TQM)," *Journal of Public Administration*, pp. 191-205, 2006.
- [3] K. R. Bhote dan A. K. Bhote, *World Class Quality: Using Design of Experiments to*



Make It Happen, New York: AMACOM, 2000.

- [4] M. Álvarez, L. Ilzarbe, E. Viles dan M. Tanco, “The Use of Genetic Algorithms in Response Surface Methodology,” *Quality Technology & Quantitative Management*, pp. 295-307, 2009.
- [5] M. A. Hadiyat dan R. D. Wahyudi, “Integrating Steepest Ascent for The Taguchi Experiment: A Simulation Study,” *International Journal of Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 280-287, 2013.
- [6] G. S. Peace, Taguchi Methods, Massachusetts: Addison-Wesley , 1993.
- [7] S. Park, Robust Design and Analysis for Quality Engineering, New York: Chapman & Hall Brook, 1996.
- [8] N. A. Rahmadani, S. Sunaryo dan M. S. Akbar, “Penerapan Pendekatan Gabungan Grey Rational Analysis (GRA) dan Principal Component Analysis (PCA) pada Metode Taguchi Multirespon,” *Jurnal Sains dan Seni ITS*, pp. D43-D48, 2012.
- [9] G. P. Pramana, N. W. S. Wardhani dan L. A. Soehono, “Metode Taguchi Multirespon Menggunakan Prosedur Topsis,” FMIPA-Universitas Brawijaya, Malang, 2013.
- [10] D. Julong, “Introduction to Grey System Theory,” *The Journal of Grey System*, pp. 1-24, 1989.