

DESAIN EKSPERIMEN KEKUATAN TARIK BENANG PLASTIK MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI* DI PERUSAHAAN *WOVEN*

Akhmad Nidhomuz Zaman^{1*} dan Fatma Ayu Nuning Farida Afiatna².

¹ Teknik Industri: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta,
Jl. RS. Fatmawati No.1 Pondok Labu, Jakarta Selatan, 12450.

² Teknik Industri: Universitas Hasyim Asy’ari, Jombang,
Jl. Irian Jaya No. 55, Tebuireng, Cukir, Diwek, Jawa Timur 61471

*Email : zaman_sda@yahoo.com.

ABSTRAK

Situasi industri yang semakin kompetitif ditambah lagi kondisi lingkungan yang berubah dengan cepat menuntut setiap pelaku ekonomi maupun bisnis untuk mampu bergerak cepat, mengantisipasi keadaan dan mampu melihat tendensi keadaan persaingan usaha jauh ke depan. Maka setiap industri dituntut untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang terbaik agar tetap mampu bertahan dan saling bersaing dengan industri sejenis. PT KLM selalu meningkatkan kualitas produknya. Namun, kenyataan di lapangan masih terjadi penyimpangan kualitas dari kekuatan tarik benang yang disebabkan oleh faktor bahan baku dan setting mesin *extruder* antara lain *Polypropylene* (PP), *Calcium Carbonat* (CaCO₃), dan kecepatan *screw*. Metode dalam penelitian ini: identifikasi faktor kekuatan benang plastik, pemilihan sesuai dengan *Orthogonal Array*, melakukan uji kualitas pada benang dengan alat uji tarik benang plastik, menghitung *Pooling of Error Variance*. Rumusan masalah penelitian ini adalah: Faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang plastik dan bagaimana kombinasi optimal dari faktor dan level yang berpengaruh berdasarkan metode *Taguchi*. Tujuan adalah: mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang plastik, serta menentukan kombinasi kekuatan tarik benang yang optimum. Berdasarkan identifikasi, maka faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang adalah *polypropylene* (PP), *calcium carbonat* (CaCO₃), dan kecepatan *screw*. Hasil penelitian: faktor yang mempengaruhi terhadap kuat tarik benang *polypropylene* (PP) pada level 1 sebanyak 9700 gr, faktor *calcium carbonat* (CaCO₃) pada level 1 sebanyak 3000 gr, dan faktor kecepatan *screw* pada level 2 sebesar 450 rpm.

Kata kunci: kekuatan tarik, *orthogonal array*, *taguchi*.

ABSTRACT

An increasingly competitive industry situation with very fast. So every industry is required to produce products with the best quality in order to remain able to survive and compete with similar industries. PT KLM always improve the quality of its products. However, out there may be a quality deviation from the tensile strength of the yarn caused by the raw material factor and the setting of the extruder machine among others Polypropylene (PP), Calcium Carbonat (CaCO₃), and screw speed. Methods in this study: identification of the strength factor of plastic yarn, selection according to Orthogonal Array, doing quality test on the yarn with plastic thread tensile test apparatus, counting Pooling of Error Variance. The formulation of this research problem is: What factors affect the tensile strength of plastic yarn and how the optimal combination of factors and levels that influence the Taguchi method. Objectives are: to identify factors that affect the tensile strength of the plastic yarn, and to determine the optimum tensile strength. Based on the identification, then the factor that affects the yarn tensile strength is polypropylene (PP), calcium carbonat (CaCO₃), and screw speed. Result of research: factors influencing to tensile strength of polypropylene (PP) thread on level 1 as 9700 gr, calcium carbonate (CaCO₃) factor at level 1 3000 gr, and screw speed factor at level 2 450 rpm.

Keywords : *tenacity, orthogonal array, taguchi*

PENDAHULUAN

Situasi industri yang semakin kompetitif ditambah lagi kondisi lingkungan yang berubah dengan cepat menuntut setiap pelaku ekonomi maupun bisnis untuk mampu

bergerak cepat, mengantisipasi keadaan dan mampu melihat tendensi keadaan persaingan usaha jauh ke depan. Apalagi untuk saat ini dalam menghadapi pasar bebas yang akan diberlakukan, setiap industri dituntut untuk

menghasilkan produk dengan kualitas yang terbaik agar tetap mampu bertahan dan saling bersaing dengan industri-industri sejenis.

Dengan keadaan seperti ini perusahaan dituntut untuk dapat menghasilkan produk yang berkualitas sesuai dengan keinginan konsumen. PT KLM merupakan salah satu perusahaan di Indonesia yang bergerak dalam produksi karung plastik dan benang multifilamen. Sedangkan produk utama dari perusahaan ini adalah karung plastik.

Sebagai produsen mempunyai kepentingan dalam hal meningkatkan kualitas serta mengurangi adanya cacat dari produk yang dihasilkan. Namun, kenyataan di lapangan masih terjadi penyimpangan kualitas dari kekuatan tarik benang karung plastik yang disebabkan oleh faktor bahan baku dan setting mesin ekstruder antara lain *Polypropylene* (PP), *Calcium Carbonat* (CaCO₃), dan kecepatan *screw*. Dimana kekuatan tarik benang terhadap proses *drafting* (penarikan) menjadi rendah, sehingga benang menjadi mudah putus. Hal ini dapat mengakibatkan masalah yang berhubungan dengan spesifikasi kualitas produk.

Metode *Taguchi* merupakan suatu prosedur percobaan yang disebut dengan nama perancangan parameter (desain parameter) yang menyatakan bahwa nilai-nilai atau setting dari beberapa variabel yang dapat dikendalikan harus dapat ditetapkan agar variasi yang disebabkan oleh beberapa variabel gangguan dapat diminimalkan.

Rumusan masalah penelitian ini adalah: Faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang karung plastik. Bagaimana kombinasi optimal dari faktor-faktor dan level-level yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang karung plastik berdasarkan metode *Taguchi*. Tujuan dari eksperimen ini adalah: Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang karung plastik, serta Menentukan kombinasi dan komposisi bahan baku karung plastik untuk menghasilkan kekuatan tarik benang karung plastik yang optimum. Selama eksperimen yang dilaksanakan di perusahaan, terdapat beberapa asumsi, antara lain: Kondisi fisik lingkungan pekerja yang baik, jenis bahan baku yang digunakan untuk masing-masing karakteristik kekuatan tarik benang karung plastik adalah sama, diasumsikan dalam keadaan baik dan

selalu tersedia, urutan proses produksi baik dan tetap, kemampuan operator dalam keadaan baik, peralatan maupun fasilitas lainnya berjalan normal selama proses produksi berlangsung.

Mengingat perlunya menjaga kualitas kekuatan tarik benang karung plastik yang dihasilkan, maka diperlukan desain eksperimen untuk mengumpulkan informasi dalam pencapaian kondisi ideal untuk mengurangi kerugian kualitas secara kuantitatif. Mengatur eksperimen suatu set mesin yang optimal bisa dilakukan dengan metode *Taguchi* (Park et al, 2017). Perlu diketahui bahwa keberhasilan proses yang terjadi di mesin *extruder* ditentukan oleh banyak faktor yang kesemuanya tidak bisa dikendalikan. Penggunaan metode *Taguchi* pada penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki kualitas produk sehingga diperoleh kekuatan tarik benang karung plastik yang maksimal.

Desain of Experiment (DOE)

Metode *Taguchi* merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Pada umumnya desain eksperimen *Taguchi* dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen (Soejanto, 2009). Tiga tahap tersebut adalah: 1). Tahap Perencanaan, 2). Tahap Pelaksanaan, 3). Tahap Analisa. Dalam metode *Taguchi*, parameter proses yang mempengaruhi produk dipisahkan menjadi dua kelompok: faktor kontrol dan faktor kebisingan. Faktor kontrol digunakan untuk memilih kondisi terbaik untuk stabilitas dalam desain atau proses manufaktur, sedangkan faktor kebisingan menunjukkan faktor-faktor yang menyebabkan variasi (Lodhi dan Agalwal, 2014).

Karakteristik Kualitas dan Pengukuran Sistem

Berdasarkan tahap penelitian sebelumnya dapat dilakukan perumusan karakteristik kualitas dalam penelitian ini, yaitu karakteristik kekuatan tarik (*tenacity*) benang yang merupakan jenis karakteristik "*larger is better*". Jadi dalam penelitian ini semakin besar kekuatan tarik benang yang dihasilkan berarti hasil dari proses mesin *extruder* semakin baik. Berdasarkan ISO 9001

standar minimal *tenacity* dari benang adalah 4.5. Adapun sistem pengukurannya adalah benang karung yang telah dihasilkan oleh mesin *extruder* diukur kekuatan tariknya dengan menggunakan mesin uji kekuatan tarik, Berikut adalah tahapan pengukurannya :

- 1) Benang yang telah dihasilkan oleh mesin *extruder* kemudian diambil sepanjang 9 meter sebagai sampel.
- 2) Benang tersebut kemudian diukur pada alat yang digunakan untuk mengukur nilai kekuatan tarik, adapun alatnya adalah :
- 3) Meteran berfungsi untuk mengukur panjang benang plastik yang akan ditimbang dengan timbangan denier. Ukuran benang plastik yang akan ditimbang panjangnya 9 cm.
- 4) Timbangan *denier* merupakan suatu alat ukur untuk mengetahui nilai berat sehelai benang plastic sebelum diuji tarik oleh *Tensile Tester*.
- 5) *Strength Tester* merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengukur kekuatan tarik dari bahan yang diuji.

Mesin yang digunakan adalah mesin *extruder*. Mesin *extruder* adalah mesin untuk memproses benang/pita. Kualitas hasil proses ini sangat berpengaruh terhadap proses selanjutnya dalam tahap pembuatan karung/kantong semen.

Bagian dari *extruder*:

- a. *Auto loader (hopper)* dan *drying* unit yaitu bagian yang berfungsi untuk mensuplai resin kedalam *screw*; pada *hopper* terdapat *drying* unit yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan air sehingga resin tidak menggumpal saat turun kedalam *screw*, untuk resin PP *drying* unit diset pada suhu 70°C.
- b. *Dosing* unit yaitu bagian yang berfungsi untuk mencampur *additive* dengan resin; bahan *additive* yang umum dipakai adalah CaCO₃, *colouring masterbatch*, *UV stabilizer masterbatch* dan PE resin. Terdapat dua jenis *dosing* unit yaitu:
 - *Gravimetric method* yang mencampur bahan *additive* dengan perbandingan berat.
 - *Volumetric method* yang mencampur bahan *additive* dengan perbandingan

volume, metode ini lebih murah tetapi mempunyai kelemahan karena ukuran dan volume resin serta *additive* tidaklah konstan.

- c. *Screw* merupakan bagian *extruder* berbentuk as yang berputar didalam barrel berfungsi untuk mengalirkan resin menuju *T-die*. Pada *screw* terjadi pemanasan resin dengan setting temperature (215-280°C). *Screw* dibagi menjadi tiga zona dimana semakin mendekati *T-die*, suhu pada zona semakin tinggi.
 - *Feeding zone* yaitu tempat masuk dan awal pemanasan resin.
 - *Compression/transition zone* yaitu daerah dimana resin sudah meleleh dan bercampur menjadi homogen, pada daerah ini seluruh bahan *additive* sudah terdispersi sempurna dengan resin.
 - *Metering zone* yaitu daerah dimana lelehan resin diaduk untuk dialirkan keluar dari *extruder* menuju *T-die*.
3. *Screen changer* yang berfungsi sebagai filter dari kotoran-kotoran yang ikut masuk terbawa resin, terdapat 2 macam *screen changer* yaitu *auto screen changer* dimana filter dapat bergeser secara otomatis pada interval waktu tertentu dan manual *screen changer*.
4. *T-die* yang berfungsi untuk mencetak resin cair menjadi lembaran film. Lebar film untuk mesin ESL ±1100mm, Lohia ±1200mm, FECC ±1300mm.
5. Motor dan *gearbox* untuk mengambil resin dan menggerakkan *screw*.
Macam-macam *extruder* ditentukan oleh beberapa parameter:
 - Jumlah *screw* yang dimiliki, semua *extruder* PT KLM menggunakan *single screw type*.
 - *Diameter screw*, yang menentukan output yang dikeluarkan oleh *extruder*, *extruder* PT KLM mempunyai diameter 90-120 mm.
 - *Length diameter ratio* yaitu perbandingan diameter terhadap panjang *screw*, untuk bahan PP, L/D ratio berkisar 1:28 hingga 1:30. Semakin tinggi L:D ratio, semakin homogen film yang diproduksi tetapi konsumsi listrik juga semakin besar.

a. Polyethylene (PE)

PE yang terdiri dari LLDPE, LDPE, HDPE dengan MFI 5-7.5. PE digunakan jika hendak membuat benang transparan campuran, karena PP dengan tambahan PE sebesar 0.5-1.5% akan memberikan elongation tambahan pada pita sehingga menjadikan benang tidak mudah terurai (pecah).



Gambar 1. Polyethylene

b. CaCO₃ (Calsium Carbonat)

CaCO₃ sebesar 1-7% sesuai order konsumen, sebagai standart dipakai 5% dengan MFI 8-12. CaCO₃ digunakan untuk memberi warna putih pada benang, pemakaian yang terlalu banyak mengakibatkan benang menjadi getas (mudah putus) karena komposisi CaCO₃ yang terdiri dari 80% kapur yang bersifat merusak dan 20% PE. Contoh CaCO₃ yang digunakan Caltech 201Y, Calsit NT1.



Gambar 2. CaCO₃

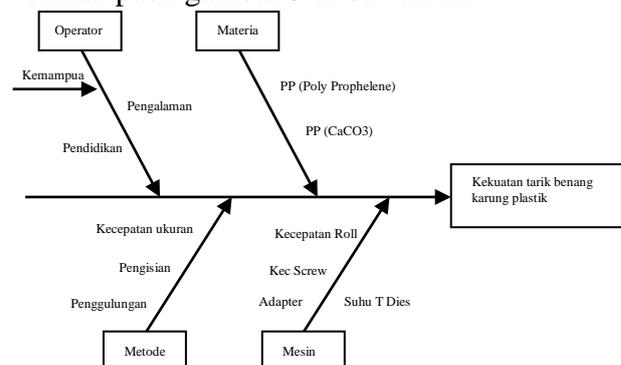
Faktor-faktor yang Dapat Mempengaruhi Karakteristik Kualitas yang Dipilih

Tahap ini dimaksudkan untuk mengumpulkan data mengenai faktor-faktor utama yang berpengaruh terhadap tingkat kekuatan tarik benang. Faktor-faktor tersebut adalah variabel-variabel independen yang diperkirakan terpengaruh pada tingkat kekuatan tarik benang.

Tahap identifikasi variabel ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya (*brainstorming*) dari orang-orang yang dianggap mengerti permasalahan yang dihadapi, selain itu juga dilakukan studi literatur untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam,

menyangkut variabel yang diamati untuk menghindari kesalahan dalam penentuan variabel independen.

Faktor-faktor yang diperkirakan berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang karung plastik. Pada diagram *ishikawa* ini akan digambarkan faktor-faktor dominan yang didapat dari hasil identifikasi faktor. Adapun faktor-faktor yang teramati sesuai dengan mekanisme proses *blending* pada mesin *extruder* dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Diagram *Ishikawa* kekuatan benang plastik

METODE

Dalam identifikasi variable terdapat variable-variable yang didapatkan berdasarkan data dari perusahaan yang digunakan dalam penerapan Metode *Taguchi* beserta definisi operasionalnya. Variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

1) Variabel bebas

Variabel ini nilainya tidak tergantung pada variabel lain, besarnya nilai variabel ini dapat ditentukan secara bebas tergantung kebutuhan yang diinginkan. Variabel ini terdiri dari faktor *control* dan faktor *noise*.

a) Faktor *control*

Faktor *control* adalah faktor dengan nilai yang dapat ditentukan oleh operator dan dapat dikendalikan. Faktor *control* dalam penelitian ini adalah *Polypropylene*, *Calsium Carbonat*, dan kecepatan mesin *extruder*.

a) Polipropylene adalah salah satu jenis plastik yang mempunyai sifat lebih transparan / bening, tahan lama, tidak

tembus air, tidak berbau, daya tahan hingga 135 derajat celcius.

- b) CaCO₃ adalah kalsium karbonat yang umumnya berwarna putih dan umumnya sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer, dan batu gamping. Selain itu kalsium karbonat juga banyak dijumpai pada skalaktit dan stalagmit yang terdapat di sekitar pegunungan. Karbonat yang terdapat pada skalaktit dan stalagmit berasal dari tetesan air tanah selama ribuan bahkan jutaan tahun. Senyawa CaCO₃ biasa digunakan untuk bahan bangunan seperti komponen semen dan cat tembok. Selain itu digunakan untuk membuat kapur tulis, gelas, dan sebagai bahan campuran pada pembuatan karung.

- b) Faktor *noise* (gangguan)

Faktor *noise* adalah faktor pengganggu dimana nilainya tidak dapat dikendalikan oleh operator. Faktor *noise* dalam hal ini adalah faktor suhu udara, kelembaban dan lain-lain namun dalam penelitian ini factor noise diabaikan karena keterbatasan izin pabrik dan waktu.

- 2) Variabel tak bebas

Variabel ini nilainya tergantung oleh variabel lain. Didalam penelitian ini variabel tak bebasnya adalah kekuatan tarik benang (*tenacity*) karung plastik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pengambilan keputusan pada penetapan factor-faktor yang berpengaruh, sebaiknya perlu diperhatikan lebih dahulu pemilihan alternatif dari uji coba yang telah dilaksanakan berdasarkan pengalaman dan studi pustaka dari pihak perusahaan. Faktor-faktor yang dapat dikendalikan oleh sistem dengan komposisi material beserta levelnya dapat ditetapkan seperti pada table 1:

Tabel 1. Faktor Terkendali dan Level

Kode	Faktor	Level 1	Level 2
A	PP	3000 gr	4000 gr
B	CaCO ₃	97000 gr	96000 gr
C	Kecepatan	440 rpm	450 rpm

Sumber: Data Perusahaan dan pengamatan, 2016

Pemilihan sesuai dengan *Orthogonal Array*

Pada eksperimen ini digunakan *two-level orthogonal array* yaitu L8 *standard array*. Alasan pemilihan *orthogonal array* ini karena pada eksperimen ini menggunakan 3 faktor dan 2 level, tanpa adanya faktor interaksi melainkan hanya menggunakan main faktor. Yang terdiri dari 8 trial (2³) pada tabel 2.

Tabel 2. *Standard Array*

Trial No.	Column No.						
	A	B	e1	C	e2	e3	e4
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber: Pengolahan Data, 201

Keterangan :

- Angka 1 dan 2 menunjukkan level factor
- Kode A,B, dan C merupakan faktor terkendali

Setelah pemilihan *orthogonal array* dan penempatan faktor ke dalam *array*, maka selanjutnya melakukan percobaan berdasarkan *array* tersebut . Untuk memperoleh nilai taksiran yang lebih akurat mengenai efek dari suatu faktor perlu dilakukan pengulangan (Replikasi), namun mengingat keterbatasan waktu, fasilitas dan biaya yang tersedia maka dilakukan 2 kali replikasi tiap eksperimen. Hasil perhitungan kekuatan tarik benang karung plastic secara lengkap dapat dilihat pada table 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kekuatan Tarik Benang Karung Plastik

trial	Faktor			Replikasi		Jumlah	Mean
	A	B	C	1	2		
1	9700 gr	3000 gr	440 rpm	04.5	04.5	9	04.2
2	9700 gr	3000 gr	450 rpm	4,5	4,6	09.1	04.6
3	9700 gr	4000 gr	440 rpm	04.30	04.33	0,4	04.3
4	9700 gr	4000 gr	450 rpm	4,4	4,42	0,4	04.4
5	9600 gr	3000 gr	440 rpm	4,2	4,2	08.04	04.0
6	9600 gr	3000 gr	450 rpm	04.34	04.03	0,4	04.3
7	9600 gr	4000 gr	440 rpm	4,1	4,1	08.2	04.1
8	9600 gr	4000 gr	450 rpm	04.14	04.14	08.3	04.1
Rata-rata							04.3

Sumber: Pengolahan Data, 2016

Untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang signifikan yang dapat mempengaruhi kekuatan tarik benang karung plastik diperlukan analisa dan pengolahan data eksperimen dengan menggunakan nilai mean. Sesuai dengan nilai target “*larger the better*” atau semakin besar kekuatan tarik benang karung plastik dari kombinasi masing-masing level dari tiap faktor maka kualitas produk benang karung plastik semakin baik. Perhitungan nilai rata-rata kekuatan tarik benang karung plastik melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat di bawah ini :

a. Untuk faktor A

$$SS_A = \frac{(A_1 - A_2)^2}{N}$$

$$A_1 = 4.5 + 4.56 + 4.32 + 4.43 = 17.81$$

$$A_2 = 4.2 + 4.32 + 4.11 + 4.14 = 16.77$$

$$SS_A = \frac{(17.81 - 16.77)^2}{8} = 0.1352$$

b. Untuk faktor B

$$SS_B = \frac{(B_1 - B_2)^2}{N}$$

$$B_1 = 4.5 + 4.32 + 4.2 + 4.32 = 17.58$$

$$B_2 = 4.32 + 4.43 + 4.11 + 4.14 = 17$$

$$SS_B = \frac{(17.58 - 17)^2}{8} = 0.04205$$

c. Untuk faktor C

$$SS_C = \frac{(C_1 - C_2)^2}{N}$$

$$C_1 = 4.5 + 4.32 + 4.2 + 4.11 = 17.13$$

$$C_2 = 4.56 + 4.32 + 4.32 + 4.14 = 17.45$$

$$SS_C = \frac{(17.13 - 17.45)^2}{8} = 0.0128$$

d. Untuk faktor e1

$$SS_{E1} = \frac{(E_{11} - E_{12})^2}{N}$$

$$E_{11} = 4.5 + 4.56 + 4.11 + 4.14 = 17.31$$

$$E_{12} = 4.32 + 4.43 + 4.2 + 4.32 = 17.27$$

$$SS_{E1} = \frac{(17.31 - 17.27)^2}{8} = 0.0002$$

e. Untuk faktor e2

$$SS_{E2} = \frac{(E_{21} - E_{22})^2}{N}$$

$$E_{21} = 4.5 + 4.32 + 4.32 + 4.14 = 17.28$$

$$E_{22} = 4.56 + 4.43 + 4.2 + 4.11 = 17.3$$

$$SS_{E2} = \frac{(17.28 - 17.3)^2}{8} = 0.0005$$

f. Untuk faktor e3

$$SS_{E3} = \frac{(E_{31} - E_{32})^2}{N}$$

$$E_{31} = 4.5 + 4.43 + 4.2 + 4.14 = 17.27$$

$$E_{32} = 4.56 + 4.32 + 4.32 + 4.11 = 17.31$$

$$SS_{E3} = \frac{(17.27 - 17.31)^2}{8} = 0.0002$$

g. Untuk faktor e4

$$SS_{E4} = \frac{(E_{41} - E_{42})^2}{N}$$

$$E_{41} = 4.5 + 4.43 + 4.32 + 4.11 = 17.36$$

$$E_{42} = 4.56 + 4.32 + 4.2 + 4.14 = 17.22$$

$$SS_{E4} = \frac{(17.36 - 17.22)^2}{8} = 0.0245$$

h. Total SS

$$SS_{total} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_{E1} + SS_{E2} + SS_{E3} + SS_{E4}$$

$$SS_{total} = 0.1352 + 0.04205 + 0.0128 + 0.0002 + 0.0005 + 0.0002 + 0.0245$$

$$SS_{total} = 0.193$$

Tabel 4. Pooling of Error Variance

Sour ce	SS	v	V	F	99%	95%	90%
A	0,94	1	0,93	18.648	Tolak	Tolak	Tolak
B	00.04	1	00.04	58	Tolak	Tolak	Tolak
C	0,09	1	0,09	17.65	Tolak	Tolak	Tolak
e1	0.0002	1	0.0002	00.28	Terima	Terima	Terima
e2	0.00005	1	0.00005	00.07	Terima	Terima	Terima
e3	0.0002	1	0.0002	00.28	Terima	Terima	Terima
e4	0.00245	1	0.00245	3.379	Terima	Terima	Terima
T	00.19	7					
e- pool ed	0.0029	4	0.00072				

Sumber: Pengolahan Data, 2016

Tabel 4 menunjukkan untuk mengetahui faktor yang signifikan dan memberikan kontribusi yang besar terhadap rata-rata kekuatan tarik benang karung plastic, maka dilakukan penggabungan faktor ke dalam error. Faktor-faktor yang tidak signifikan dikumpulkan sebagai error.

a. Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel ANOVA setelah dilakukan pooling terhadap faktor A adalah sebagai berikut :

Ho : Tidak ada pengaruh faktor A terhadap kekuatan tarik benang karung plastic

H1 : Ada pengaruh faktor A terhadap kekuatan tarik benang karung plastic

Kesimpulan adalah $F_{hit} = 186.48 < F(0.01;1;7) = 12,2$ maka Ho ditolak, artinya ada pengaruh Polypropylene (PP) terhadap rata-rata kekuatan tarik benang karung plastic.

b. Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel ANOVA setelah dilakukan pooling terhadap faktor B adalah sebagai berikut :

Ho : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kekuatan tarik benang karung plastic

H1 : Ada pengaruh faktor B terhadap kekuatan tarik benang karung plastic

Kesimpulan adalah $F_{hit} = 58 < F(0.01;1;7) = 12,2$ maka Ho ditolak, artinya ada pengaruh Polypropylene (PP) terhadap rata-rata kekuatan tarik benang karung plastic.

c. Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel ANOVA setelah dilakukan pooling terhadap faktor C adalah sebagai berikut :

Ho : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kekuatan tarik benang karung plastic

H1 : Ada pengaruh faktor B terhadap kekuatan tarik benang karung plastic

Kesimpulan adalah $F_{hit} = 17.6 < F(0.01;1;7) = 12,2$ maka Ho ditolak, artinya ada pengaruh Polypropylene (PP) terhadap rata-rata kekuatan tarik benang karung plastic.

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan masing-masing faktor, terlebih dahulu dihitung SS' seperti di bawah ini :

$$SSA' = SSA - (Ve)(vA) = 0.1352 - (0.00072)(1) = 0.1345$$

$$SSB' = SSB - (Ve)(vB) = 0.04205 - (0.00072)(1) = 0.0413$$

$$SSC' = SSC - (Ve)(vC) = 0.0128 - (0.00072)(1) = 0.0121$$

$$SSe1' = SSe1 - (Ve)(ve1) = 0.0002 - (0.00072)(1) = -0.00052$$

$$SSe2' = SSe2 - (Ve)(ve2) = 0.00005 - (0.00072)(1) = -0.00067$$

$$SSe3' = SSe3 - (Ve)(ve3) = 0.0002 - (0.00072)(1) = -0.00052$$

$$SSe4' = SSe4 - (Ve)(ve4) = 0.00245 - (0.00072)(1) = 0.00173$$

Persen masing-masing faktor dihitung dengan rumus :

$$P = \left[\frac{SS'_A}{SST} \right] \times 100\%$$

$$P_A = \left[\frac{0.1345}{0.19295} \right] \times 100\% = 69.7\%$$

$$P_B = \left[\frac{0.04205}{0.19295} \right] \times 100\% = 21.79\%$$

$$P_C = \left[\frac{0.0128}{0.19295} \right] \times 100\% = 6.6\%$$

$$P_{e1} = \left[\frac{-0.00052}{0.19295} \right] \times 100\% = -0.269\%$$

$$P_{e2} = \left[\frac{-0.00067}{0.19295} \right] \times 100\% = -0.0034\%$$

$$P_{e3} = \left[\frac{-0.00052}{0.19295} \right] \times 100\% = -0.269\%$$

$$P_{e4} = \left[\frac{0.00173}{0.19295} \right] \times 100\% = 0.897\%$$

Dari perhitungan konstribusi faktor di atas menunjukkan bahwa faktor yang memiliki konstribusi yang paling besar adalah faktor A dengan nilai persentasi sebesar 69.7 %.

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa faktor A, B, dan C memberi pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik benang karung plastic. Untuk mencapai nilai target lebih besar, lebih baik (*larger the better*). Maka penentuan level faktor yang optimal adalah yang mendapatkan hasil pengujian kekuatan tarik benang karung plastic yang paling besar. Adapun kombinasi optimal dengan kualitas benang karung yang terbaik adalah:

- a. Faktor A (PP) pada level 1
- b. Faktor B (CaCo3) pada level 1
- c. Faktor C (speed) pada level 2.

Telah diketahui bahwa faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata kekuatan tarik benang karung plastic optimum adalah :

- a. Faktor A (PP) pada level 1 (9700 gr)
- b. Faktor B (CaCo3) pada level 1 (3000 gr)
- c. Faktor C (speed) pada level 2 (450 rpm)

Sehingga model persamaan rata-rata kekuatan tarik benang karung plastik adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mu_{prediksi} &= \bar{Y} + (\bar{A}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_1 - \bar{Y}) + (\bar{C}_2 - \bar{Y}) \\ &= (4.32 + (4.45 - 4.32) + (4.395 - 4.32) + (4.36 - 4.32) = 4.55 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung interval kepercayaan dari kombinasi taraf faktor optimum ($F_{(0.1;1;4)} = 4.54, V_{ep} = 0.00072$)

$$n_{eff} = \frac{\text{jumlahtotal eksperimen}}{1 + \text{jumlahderajatkebebasandalam perkiraanrata - rata}}$$

$$n_{eff} = \frac{8 \times 2}{1 + (1 + 1 + 1)} = 4$$

$$CI = \pm \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;ve} V_{ep}}{n_{eff}}}$$

$$CI = \pm \sqrt{\frac{4.54(0.00072)}{4}} = \pm 0.029$$

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI$$

$$4.521 \leq 4.55 \leq 4.579$$

Conduct confirmation experiment

Dari eksperimen *Taguchi* didapatkan kombinasi faktor dan level yang memberikan kondisi rata-rata yang optimal. Pada eksperimen konfirmasi, faktor dan level ditetapkan seperti faktor dan level pada kondisi optimal yaitu *Polypropylene* (PP) sebanyak 97000 gr pada level 1, kemudian CaCO3 sebanyak 3000 gr pada level 1, dan *speed* mesin sebesar 450 rpm pada level 2. Untuk eksperimen konfirmasi diambil 10 sampel dengan level pada kondisi optimum bisa dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Percobaan Konfirmasi

No	Hasil eksperimen	No	Hasil eksperimen
1	04.54	6	0,20902778
2	0,208333333	7	04.59
3	04.56	8	04.57
4	04.54	9	0,21041667
5	04.57	10	04.58

Sumber: Pengolahan Data, 2016

Rata-rata = 4.58

Interval kepercayaan rata-rata untuk eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut :

$$CI = \pm \sqrt{F_{(\alpha;1;4)} \times V_{ep} \times \left(\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right)}$$

$$F_{(0.1;1;4)} = 4.54, V_{ep} = 0.00072$$

$$CI = \pm \sqrt{4.45 \times 0.00072 \times \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{10} \right)} = \pm 0.0335$$

Interval kepercayaan untuk rata-rata adalah:

$$\mu_{konfirmasi} - CI \leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + CI$$

$$4.58 - 0.0335 \leq 4.58 \leq 4.58 + 0.0335$$

$$4.547 \leq 4.58 \leq 4.614$$

Tabel 6. Interpretasi Hasil Ukuran Kekuatan Tarik Benang Plastik

Respon (kekuatan tarik benang karung plastik)		Prediksi	Optimal
Eksperimen Taguchi	Rata-rata (μ)	04.55	4.55±0.029
Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μ)	04.58	4.58±0.0335

Sumber: Pengolahan Data, 2016

Tabel 6 Berdasarkan interpretasi hasil perhitungan kekuatan tarik benang karung plastic yang tertera pada tabel di atas, yaitu eksperimen Taguchi ke eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan pada rata-rata kekuatan tarik. Dengan demikian kombinasi optimal faktor-faktor tersebut di atas terbukti dapat meningkatkan kekuatan tarik benang karung plastik.

SIMPULAN DAN SARAN

Sesuai dengan pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil eksperimen ini adalah:

- 1) Berdasarkan identifikasi faktor maka faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang karung plastik adalah *polypropylene* (PP), calcium carbonat (CaCO₃), dan kecepatan *screw*.
- 2) Kombinasi level dan faktor yang menghasilkan nilai rata-rata kekuatan tarik benang karung plastik yang optimal

diperoleh dari setting faktor *polypropylene* (PP) pada level 1 sebanyak 9700 gr, faktor calcium carbonat (CaCO₃) pada level 1 sebanyak 3000 gr, dan faktor kecepatan *screw* pada level 2 sebesar 450 rpm.

Penelitian berikutnya bisa memasukkan hal faktor biaya pada pengembangan eksperimen dan mempertimbangkan faktor resiko.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada UPN “Veteran” Jakarta, Dosen *Quality Engineering* (QE) Teknik Industri ITS Surabaya (Ibu Nani Kurniati, PhD) dan UNHAS Jombang (Ibu Fatma A, MT), pegawai Perusahaan listrik (Ibu Besse A.I, MT) Makassar, dan Perusahaan *woven* dan para karyawannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Lodhi.,Brajesh, K & Sanjay.,A. 2014. *Optimization of Machining Parameters in WEDM of AISI D3 Steel using Taguchi Technique*. Procedia CIRP 14 (2014) 194 – 199.
- Park.,D.Y, Da Seuni.,Y, Hanlyun.,C, Seong Jin.,P. 2017. *Effects Of Material And Processing Conditions On Powder-Binder Separation Using The Taguchi Method*. Powder Technology. Volume 321, November 2017, Pages 369-379.
- Ross Phillip.,J. 1996. *Taguchi Techniques for Quality Engineering: Loss Function Orthogonal Experiment, Parameter and Tolerance Design International Edition 1996*. ISBN: 0-07-114663-6.
- Soejanto, Irwan. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.