

Analisis Kelayakan Distribusi Karung Pupuk PP Woven Berdasarkan Parameter Max Force dan Break Force

^{1*}Nicko Ade Prastyo, ²Fatkur Rohman,
^{1,2} Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri
E-mail: *¹nickoprastyo20030@gmail.com, ²fatkurrohman@unpkediri.ac.id
Penulis Korespondens : Nicko Ade Prastyo

Abstrak—Karung pupuk berbahan polypropylene woven (PP woven) berperan penting dalam menjaga kualitas produk selama proses distribusi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kelayakan distribusi karung pupuk PP woven berdasarkan parameter *Maximum Force* dan *Break Force* serta mengidentifikasi bagian yang berpotensi mengalami kegagalan mekanik. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen melalui pengujian tarik menggunakan Universal Testing Machine (UTM) Shimadzu AGS-X terhadap 19 spesimen yang terdiri atas 12 spesimen badan karung dan 7 spesimen jahitan karung. Analisis data dilakukan menggunakan uji normalitas Shapiro–Wilk, uji homogenitas Levene, dan *Independent Sample t-test*. Hasil penelitian menunjukkan badan karung memiliki nilai *Maximum Force* dan *Break Force* yang lebih tinggi dibandingkan jahitan karung. Hasil *Independent Sample t-test* menunjukkan nilai signifikansi 0,000 pada kedua parameter, yang menandakan adanya perbedaan signifikan antara badan karung dan jahitan karung. Secara umum, karung PP woven layak digunakan untuk distribusi pupuk, namun kualitas jahitan perlu ditingkatkan untuk mengurangi risiko kegagalan mekanik selama distribusi.

Kata Kunci—break force, distribusi, karung pupuk, maximum force, PP woven

Abstract— Polypropylene woven (PP woven) fertilizer bags play an important role in maintaining product quality during distribution. This study aims to analyze the distribution feasibility of PP woven fertilizer bags based on *Maximum Force* and *Break Force* parameters and to identify the parts most susceptible to mechanical failure. An experimental method was employed through tensile testing using a Shimadzu AGS-X Universal Testing Machine (UTM) on 19 specimens, consisting of 12 bag body specimens and 7 seam specimens. Data were analyzed using the Shapiro–Wilk normality test, Levene's homogeneity test, and the Independent Sample t-test. The results showed that the bag body exhibited higher *Maximum Force* and *Break Force* values than the bag seams. The Independent Sample t-test produced a significance value of 0.000 for both parameters, indicating a significant difference between the bag body and seam specimens. Overall, PP woven bags are suitable for fertilizer distribution; however, seam quality improvement is necessary to minimize the risk of mechanical failure during handling and transportation.

Keywords— break force, distribution feasibility, maximum force, polypropylene woven, PP woven fertilizer bag

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Kemasan memiliki peranan penting dalam proses distribusi karena berfungsi melindungi produk dari berbagai risiko kerusakan selama penyimpanan, pengangkutan, dan penanganan. Dalam industri pupuk, karung berbahan *polypropylene woven* (PP woven) banyak digunakan

sebagai kemasan karena memiliki bobot yang ringan, fleksibel, tahan terhadap kelembapan, serta memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik untuk mendukung kelancaran distribusi produk [1]. Selain itu, material polypropylene dikenal memiliki daya tahan yang baik terhadap kondisi lingkungan sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi kemasan industri karena sifat mekaniknya yang relatif tinggi [2].

Kemampuan karung PP woven dalam menahan beban dipengaruhi oleh kualitas material polypropylene dan struktur anyaman yang membentuk badan karung. Penelitian yang dilakukan oleh Yudiono dan Kiswadi menunjukkan bahwa orientasi serta susunan anyaman memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik material[3]. Struktur anyaman yang lebih baik mampu mendistribusikan beban secara lebih merata sehingga meningkatkan kemampuan material dalam menahan gaya tarik. Selain struktur anyaman, sifat mekanik polypropylene juga dipengaruhi oleh komposisi material dan proses pembuatannya. Vita dan Widjaja melaporkan bahwa perbedaan komposisi *masterbatch* dapat memengaruhi nilai kekuatan tarik polypropylene [4]. Sementara itu, Hakim menemukan bahwa perubahan parameter proses manufaktur juga dapat memengaruhi karakteristik mekanik material tersebut[5].

Sebagai kemasan distribusi, kekuatan karung PP woven tidak hanya ditentukan oleh badan karung, tetapi juga oleh kualitas jahitannya. Jahitan berfungsi menyatukan bagian-bagian karung sehingga mampu menahan beban selama proses penggunaan dan distribusi. Menurut Mazharul Islam, kekuatan jahitan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis benang yang digunakan, pola jahitan, dan kerapatan jahitan [6]. Adanya lubang-lubang akibat proses penjahitan dapat menyebabkan konsentrasi tegangan pada area tertentu sehingga bagian jahitan menjadi lebih rentan mengalami kerusakan dibandingkan badan karung. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Woo yang menjelaskan bahwa cacat atau ketidaksempurnaan pada struktur woven dapat meningkatkan konsentrasi tegangan dan mempercepat terjadinya kegagalan mekanik [7].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji material woven polypropylene dari berbagai sudut pandang. Saputra dan Aribowo [8]meneliti pengaruh proses pemotongan dan penjahitan terhadap kualitas karung woven, sedangkan Husna dan Aryanny [9]membahas pengendalian kualitas produk woven bag menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC) dan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kualitas proses produksi dan keberadaan cacat produk dapat memengaruhi performa kemasan. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus pada aspek proses manufaktur dan pengendalian kualitas, sehingga belum secara khusus membandingkan kemampuan mekanik badan karung dan jahitan karung melalui pengujian tarik.

Berdasarkan hasil kajian penelitian terdahulu, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) terkait analisis potensi kegagalan mekanik karung pupuk PP woven menggunakan parameter *Maximum Force* dan *Break Force*. Sebagian besar penelitian sebelumnya membahas sifat material, pengaruh proses produksi, atau pengendalian kualitas produk, sedangkan penelitian yang secara langsung membandingkan kekuatan badan karung dan jahitan karung sebagai komponen utama kemasan distribusi masih terbatas. Selain itu, pemanfaatan parameter *Maximum Force* dan *Break Force* sebagai dasar evaluasi kelayakan distribusi karung pupuk PP woven juga belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kelayakan distribusi karung pupuk PP woven berdasarkan parameter *Maximum Force* dan *Break Force* melalui pengujian tarik pada badan karung dan jahitan karung. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai bagian karung yang paling rentan mengalami kegagalan mekanik serta menjadi dasar dalam upaya peningkatan kualitas dan keandalan karung PP woven sebagai kemasan distribusi.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis karakteristik mekanik karung pupuk polypropylene woven (PP woven) berdasarkan parameter *Maximum Force* dan *Break Force*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inspeksi Teknik PT Petrokimia Gresik pada periode Mei–Juli 2025 menggunakan Universal Testing Machine (UTM) Shimadzu Autograph AGS-X berkapasitas 10 kN. Pengujian tarik dipilih karena merupakan metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi kemampuan material dalam menahan pembebanan tarik hingga mengalami kegagalan [10].

Objek penelitian berupa karung pupuk PP woven dalam kondisi baru yang belum digunakan dan belum mengalami proses distribusi. Sampel penelitian terdiri atas 19 spesimen yang dibagi menjadi dua kelompok, yaitu 12 spesimen badan karung dan 7 spesimen jahitan karung. Ringkasan parameter pengujian yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pengujian.

Kategori parameter	Material dan sampel	Peralatan uji	Dimensi pengujian
Material uji	Karung pupuk pp woven	UTM Shimadzu ags-X	Ukuran Spesimen 25 cm × 10 cm
Jumlah spesimen	19	Kapasitas 10 kN	Lebar efektif: 5 cm
Badan karung	12	-	Jarak jepit: 10 cm
Jahitan karung	7	-	-

Spesimen uji dipotong dengan ukuran 25 cm × 10 cm. Pada spesimen jahitan, area sambungan ditempatkan pada bagian tengah daerah pengujian sehingga beban tarik bekerja langsung pada struktur jahitan. Selanjutnya, spesimen dijepit pada Universal Testing Machine dengan lebar efektif pengujian sebesar 5 cm dan jarak antar penjepit sebesar 10 cm. Pembebanan tarik diberikan secara bertahap hingga spesimen mengalami kegagalan atau putus.

Data yang diperoleh dari pengujian berupa nilai *Maximum Force* dan *Break Force*. *Maximum Force* merupakan gaya maksimum yang mampu ditahan spesimen sebelum terjadi penurunan kapasitas pembebanan, sedangkan *Break Force* merupakan gaya yang bekerja saat spesimen mengalami kegagalan akhir atau putus [11]. Kedua parameter tersebut digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi potensi kegagalan mekanik dan kelayakan distribusi karung pupuk PP woven.

Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik hasil pengujian pada masing-masing kelompok spesimen. Selanjutnya dilakukan uji normalitas menggunakan metode Shapiro–Wilk karena jumlah sampel kurang dari 30 dan metode ini memiliki tingkat sensitivitas yang lebih baik dibandingkan Kolmogorov–Smirnov pada ukuran sampel kecil [12]. Setelah asumsi normalitas terpenuhi, dilakukan uji homogenitas varians menggunakan Levene’s Test. Perbedaan nilai *Maximum Force* dan *Break Force* antara badan karung dan jahitan karung dianalisis menggunakan *Independent Samples t-test* pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Seluruh pengolahan data statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Tarik Karung PP Woven

Pengujian tarik dilakukan terhadap 19 spesimen karung pupuk PP woven yang terdiri atas 12 spesimen badan karung dan 7 spesimen jahitan karung. Parameter yang dianalisis meliputi *Maximum Force* dan *Break Force* untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan beban tarik hingga mengalami kegagalan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik Karung PP Woven

Bagian Karung	Maximum Force (kgf)	Break Force (kgf)
Badan Karung	85,587–111,871	77,035–111,429
Jahitan Karung	27,088–44,875	10,991–42,955

Berdasarkan Tabel 2, badan karung memiliki nilai *Maximum Force* dan *Break Force* yang lebih tinggi dibandingkan jahitan karung. Rentang nilai *Maximum Force* badan karung mencapai 85,587–111,871 kgf, sedangkan jahitan karung hanya mencapai 27,088–44,875 kgf. Hasil serupa juga terlihat pada parameter *Break Force*, dimana badan karung memiliki rentang nilai 77,035–111,429 kgf, sedangkan jahitan karung hanya berkisar antara 10,991–42,955 kgf.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa badan karung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan pembebanan tarik dibandingkan bagian jahitan. Struktur anyaman polypropylene pada badan karung mampu mendistribusikan tegangan secara lebih merata sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Yudiono dan Kiswadi yang menyatakan bahwa struktur anyaman memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik material woven bag [3].

Sebaliknya, nilai kekuatan yang lebih rendah pada jahitan menunjukkan bahwa bagian tersebut merupakan titik yang paling rentan mengalami kegagalan mekanik. Adanya lubang jahitan dan

sambungan benang menyebabkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi sehingga kekuatan tariknya menurun. Temuan ini sesuai dengan penelitian Mazharul Islam yang menyatakan bahwa kualitas jahitan dipengaruhi oleh jenis benang, pola jahitan, dan kerapatan jahitan yang digunakan [6].

b. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan menggunakan metode Shapiro–Wilk untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal sehingga dapat dianalisis menggunakan uji parametrik. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Shapiro–Wilk

Variabel	Kelompok	Sig.
Maximum Force	Badan Karung	0,204
Maximum Force	Jahitan Karung	0,268
Break Force	Badan Karung	0,189
Break Force	Jahitan Karung	0,105

Berdasarkan Tabel 3, seluruh kelompok data memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, data *Maximum Force* dan *Break Force* pada badan karung maupun jahitan karung berdistribusi normal sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan pengujian statistik parametrik.

c. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kesamaan varians antara kelompok badan karung dan jahitan karung. Hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas

Variabel	Sig. Levene
Maximum Force	0,937

Break Force	0,117
-------------	-------

Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa nilai signifikansi untuk *Maximum Force* sebesar 0,937 dan *Break Force* sebesar 0,117. Kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa varians antara kelompok badan karung dan jahitan karung bersifat homogen. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas, analisis dapat dilanjutkan menggunakan *Independent Sample t-test*.

d. Uji Independent Sample t-Test

Uji *Independent Sample t-test* dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara badan karung dan jahitan karung terhadap parameter *Maximum Force* dan *Break Force*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Independent Sample t-Test

Variabel	t-hitung	Sig. (2-tailed)
Maximum Force	17,753	0,000
Break Force	12,743	0,000

Berdasarkan Tabel 5, nilai signifikansi untuk parameter *Maximum Force* dan *Break Force* sebesar 0,000 atau lebih kecil dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara badan karung dan jahitan karung dalam menahan gaya tarik.

Nilai *t-hitung* yang tinggi menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik mekanik antara kedua kelompok sangat jelas. Badan karung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan gaya tarik karena struktur anyaman yang lebih seragam dan mampu mendistribusikan tegangan secara merata. Sebaliknya, jahitan karung memiliki kekuatan yang lebih rendah akibat adanya konsentrasi tegangan pada area sambungan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Woo yang menyatakan bahwa ketidaksempurnaan struktur woven dapat meningkatkan konsentrasi tegangan dan mempercepat terjadinya kegagalan mekanik [7].

e. Evaluasi Kelayakan Distribusi Karung PP Woven

Berdasarkan hasil pengujian tarik dan analisis statistik, badan karung menunjukkan performa mekanik yang lebih baik dibandingkan jahitan karung. Nilai *Maximum Force* dan *Break Force* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa badan karung mampu menahan beban yang terjadi selama proses penyimpanan, penanganan, dan distribusi.

Meskipun demikian, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa jahitan merupakan bagian yang paling rentan mengalami kegagalan mekanik. Hal ini dibuktikan oleh nilai *Maximum Force* dan *Break Force* yang lebih rendah dibandingkan badan karung serta hasil uji statistik yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Oleh karena itu, peningkatan kualitas jahitan menjadi faktor penting dalam meningkatkan keandalan karung PP woven sebagai kemasan distribusi pupuk.

Secara keseluruhan, karung pupuk PP woven masih memenuhi fungsi sebagai kemasan distribusi karena memiliki kemampuan menahan beban tarik yang cukup baik. Namun, perbaikan pada aspek jahitan melalui pemilihan benang yang lebih kuat, pengaturan pola jahitan yang optimal, dan pengendalian kualitas proses produksi perlu dilakukan untuk mengurangi risiko kegagalan selama distribusi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, badan karung PP woven memiliki nilai *Maximum Force* dan *Break Force* yang lebih tinggi dibandingkan jahitan karung. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa seluruh data berdistribusi normal, sedangkan hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa varians kedua kelompok bersifat homogen. Hasil *Independent Sample t-test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 pada parameter *Maximum Force* dan *Break Force*, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara badan karung dan jahitan karung.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa badan karung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan pembebanan tarik, sedangkan jahitan merupakan bagian yang paling rentan mengalami kegagalan mekanik. Secara umum, karung pupuk PP woven layak digunakan sebagai kemasan distribusi pupuk, namun peningkatan kualitas jahitan diperlukan untuk meningkatkan keandalan produk dan mengurangi risiko kerusakan selama proses distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Asim *et al.*, "Significance of Sustainable Packaging: A Case-Study from a Supply Chain Perspective," *Applied System Innovation*, vol. 5, no. 6, Dec. 2022, doi: 10.3390/asi5060117.
- [2] M. T. Hossain *et al.*, "Research and application of polypropylene: a review," Dec. 01, 2024, *Springer*. doi: 10.1186/s11671-023-03952-z.
- [3] H. Yudiono and dan Kiswadi, "Kekuatan tarik komposit lamina berbasis anyaman serat karung plastik bekas (woven bag)," 2017.
- [4] Vita and H. Widjaja, "Analisis Penambahan Warna Masterbatch 1%, 5% dan 15% Terhadap Kekuatan Tarik Material Plastik Polypropylene (PP)," *JTRM (Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur)*, vol. 4, no. 2, pp. 73–86, Dec. 2022, doi: 10.48182/jtrm.v4i2.109.
- [5] J. Hakim, J. W. Joharwan, and M. Heru Palmiyanto, "Pengaruh Beda Temperatur Proses Injeksi Terhadap Sifat Mekanis Bahan Polypropylene (PP) Daur Ulang," *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, vol. 4, no. 2, pp. 124–135, Dec. 2020, doi: 10.18196/jmpm.v4i2.10758.
- [6] M. Mazharul Islam *et al.*, "Textile & Leather Review Seam Strength Prediction for Different Stitch Types Considering Stitch Density of Cotton Woven Fabrics Seam

- Strength Prediction for Different Stitch Types Considering Stitch Density of Cotton Woven Fabrics,” 2022, doi: 10.31881/TLR.
- [7] K. Woo, J. H. Lim, and C. Han, “Effect of defects on progressive failure behavior of plain weave textile composites,” *Materials*, vol. 14, no. 16, Aug. 2021, doi: 10.3390/ma14164363.
 - [8] D. A. Saputra and D. Aribowo, “Analisis Kinerja Sistem Pemotongan Dan Penjahitan Karung Woven Otomatis Tipe Qf-950 Di PT. Plastindo Pack Printing,” *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung (JPI)*, vol. 6, no. 2, pp. 2722–5771, 2025, doi: 10.23960/jpi.v6n2.248.
 - [9] A. Husna and E. Aryanny, “Integrated SQC and FMEA Framework for Woven Bag Defect Reduction In Manufacturing Industry,” *Academia Open*, vol. 11, no. 1, Feb. 2026, doi: 10.21070/acopen.11.2026.13453.
 - [10] C. Y. Lin and J. H. Kang, “Mechanical properties of compact bone defined by the stress-strain curve measured using uniaxial tensile test: A concise review and practical guide,” Aug. 01, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/ma14154224.
 - [11] G. Yang, J. Bi, Z. Dong, Y. Li, and Y. Liu, “Experimental Study on Dynamic Tensile Properties of Macro-Polypropylene Fiber Reinforced Cementitious Composites,” *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, vol. 16, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1186/s40069-022-00559-z.
 - [12] G. D. Ahadi and N. N. L. E. Zain, “Pemeriksaan Uji Kenormalan dengan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling dan Shapiro-Wilk,” *EIGEN MATHEMATICS JOURNAL*, pp. 11–19, Jun. 2023, doi: 10.29303/emj.v6i1.131.
 - [13] S. Sucipto, E. K. Dewi, N. C. Resti, and I. H. Santi, “Improving The Performance of Alumni Achievement Assessment by Integrating Website-Based Tracer Study Information Systems and Telegram API,” *TEKNIK*, vol. 41, no. 1, pp. 72–77, May 2020, doi: 10.14710/teknik.v41i1.25307.
 - [14] S. Sucipto, A. Suhartanto, and R. Firliana, “Representasi Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Fungsi PL/PgSQL Dan Check Constraint,” in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2015*, Yogyakarta: STMIK AMIKOM Yogyakarta, 2015, pp. 4.5-7-4.5-12.
 - [15] S. Sucipto and J. Karaman, “Perancangan Sistem Informasi Strategis Balai Desa Gadungan Untuk Integrasi Sistem Informasi Publikasi,” in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2015*, Yogyakarta: STMIK AMIKOM Yogyakarta, 2015, pp. 2.3-31-2.3-36.
 - [16] S. Sucipto, “Analisa Hasil Rekomendasi Pembimbing Menggunakan Multi-Attribute Dengan Metode Weighted Product,” *Fountain of Informatics Journal*, vol. 2, no. 1, p. 27, May 2017, doi: 10.21111/fij.v2i1.912.