

Optimasi Parameter *Springback* Material ST37 Pada Mesin CNC Bending TRUMPF TrumaBend V85S Menggunakan *Response Surface Method*

Kinari Lalitya ^{1*}, Pranowo Sidi ², Farizi Rachman ³

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: kinarilalitya13@gmail.com^{1*};

Abstract – TRUMPF TrumaBend V85S CNC Bending Machine can be used to get good bending results. But in every bending process there are several problems encountered, one of which is springback. Springback can be influenced by several parameters such as material thickness, compressive force, and bending angle, and the radius. Springback can be avoided by examining which parameters have the greatest influence. One way to improve the quality of bending products from springback is by parameter optimization. Parameter optimization is a technique used in the manufacturing process to produce the best products. Optimization of compressive force, angle, and radius parameters is done to optimize the value that can have a major effect on springback and which parameters are most influential. Design experiments using Box-Behnken with ANOVA to analyze data and performed using the Response Surface method. The results showed that the radius parameter was the only one that affected the ST37 material springback. While the optimum parameter obtained a compressive force of 500 KN, an angle of 120°, and a radius of 3 mm with a springback result of 130,28°.

Keyword: Bending, Springback, Response Surface Method, Box-Behnken Design

Nomenclature

| | |
|------------------|---|
| R^2 | koefisien regresi |
| F_{hitung} | koefisien secara serentak |
| T_{hitung} | koefisien secara individu |
| $Y_{springback}$ | titik optimum persamaan empiris <i>springback</i> |
| K | derajat kebebasan |
| SS_R | <i>sum of square</i> dari regresi |
| SS_E | <i>sum of square</i> dari error |
| SS_{LOF} | <i>sum of square</i> dari <i>lack of fit</i> |
| SS_{PE} | <i>sum of square</i> dari <i>pure error</i> |
| SS_T | <i>sum of square</i> dari total |
| MS_R | <i>mean of square</i> dari regresi |
| MS_E | <i>mean of square</i> dari error |
| MS_{LOF} | <i>mean of square</i> dari <i>lack of fit</i> |
| MS_{PE} | <i>mean of square</i> dari <i>pure error</i> |

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin bending modern saat ini telah dilengkapi dengan sistem CNC (*Computer Numerical Control*) yang mana memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan mesin bending manual. Beberapa kelebihan yang dimiliki mesin CNC Bending antara lain sistem pengoperasiannya yang lebih cepat, yang dapat menghemat energi saat pemakaian, sistem pengukuran sudut yang otomatis, lebih aman dan pengoperasian yang lebih mudah bagi operator. Namun dibalik berbagai macam kelebihan yang dimiliki oleh mesin CNC Bending ini masih ada beberapa

permasalahan yang sering dijumpai pada setiap proses pengerjaannya. Saat melakukan proses bending, operator mesin wajib melakukan pengecekan sudut agar mendapatkan hasil yang diinginkan dan mencegah terjadinya *springback* dengan memperhatikan parameter terkait seperti tekanan (*Tonnage*) yang diberikan, ketebalan plat dan besar sudut radius yang diberikan.

Terdapat 3 parameter yang akan digunakan sebagai bahan penelitian yaitu gaya tekan yang diberikan, besar radius, dan besar sudut yang diberikan. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter mana yang paling berpengaruh terhadap kesalahan *springback* yang kemungkinan terjadi supaya mempermudah operator mesin dalam melakukan proses *bending* tanpa melakukan *trial and error setting*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas maka dapat diambil kesimpulan dengan rumusan masalah yaitu bagaimana cara mengoptimalkan hasil proses *bending* dengan menggunakan variasi parameter gaya tekan, besar sudut, dan besar radius. Sedangkan pada parameter – parameter bending gaya tekan, besar sudut, dan besar radius mencari tahu parameter mana yang memiliki kontribusi dalam hasil *bending* dan variasi dari respon *springback* pada material ST 37.

1.3 Tujuan Penelitian

Pada tujuan penelitian berikut telah diperoleh dari rumusan masalah diatas yaitu untuk dapat mengetahui parameter mesin yang berpengaruh terhadap *springback* material ST 37 pada mesin CNC *Bending* TRUMPF TrumaBend V85S dengan menggunakan *Response Surface Method* dan *Box Behnken Design* serta untuk dapat mengetahui parameter – parameter mana yang memberikan pengaruh optimal terhadap *springback* material ST 37 dengan menggunakan mesin CNC *Bending* TRUMPF TrumaBend V85S.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah diberikan agar penelitian yang akan dilakukan dapat berjalan dengan terarah sehingga tidak menimbulkan pertanyaan dari peneliti lain. Adapaun batasan masalah sebagai berikut :

1. Proses *Bending* material ST 37 dengan menggunakan mesin CNC *Bending* TRUMPF TrumaBend V85S.
2. Material yang akan digunakan adalah jenis ST 37 dengan ketebalan 2 mm.
3. Penelitian dilakukan di PT. Dempo Laser Metalindo, Jl. Rungkut Industri I No. 29 Surabaya.
4. Penelitian ini tidak membahas tentang pembuatan program dalam proses *bending*, biaya proses pembuatan maupun instalasi mesin.
5. Proses *springback* didapatkan dari hasil *bending* L.
6. Penelitian akan dilakukan dengan memperhitungkan batas kemampuan mesin yang digunakan saat ini.
7. Alat pengukuran yang digunakan diasumsikan dalam keadaan semestinya.
8. Tidak membahas secara merinci tentang sistem kerja pada mesin CNC *Bending* TRUMPF TrumaBend V85S.

2. METODOLOGI .

2.1 Tahapan Metode Penelitian

Berikut ini urutan – urutan dalam melakukan penelitian yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah
 Penelitian ini akan menguak kasus pada fenomena *springback* dalam proses *bending* dan mengetahui parameter mana yang berpengaruh terhadap *springback* material ST 37.
2. Tinjauan Pustaka
 Studi lapangan untuk mengidentifikasi serta mengumpulkan data, sedangkan

studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memberikan dasar teori untuk peneliti dalam memecahkan masalah.

3. Variabel Penelitian

Variabel memiliki peranan penting untuk memecahkan masalah mengenai faktor yang memiliki pengaruh. Variabel respon yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *springback*. Sedangkan variabel bebas yang digunakan yaitu gaya tekan, bsar sudut, dan besar radius *bending*.

4. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian didapatkan dari parameter – parameter yang telah dianalisa dengan metode *Response Surface* dan *Box Behnken Design*.

5. Pengambilan Data

Peneliti akan mencari data – data sebagai penunjang kegiatan penelitian. Dengan menentukan material uji yang akan digunakan serta ketebalannya. Spesifikasi mesin CNC *Bending* yang akan digunakan meliputi tipe mesin, *tools* (*punch* dan *dies*), dan metode *bending* yang digunakan. Selanjutnya pembuatan rancangan percobaan.

Tabel 1: Variabel Eksperimen

| Parameter | Gaya Tekan (A) | Besar Sudut (B) | Besar Radius (C) |
|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| Level 1 | 500 KN | 60° | 1 mm |
| Level 2 | 675 KN | 90° | 2 mm |
| Level 3 | 850 KN | 120° | 3 mm |

Pembuatan level parameter pada penelitian bertujuan untuk mengoptimalkan respon tersebut. Selanjutnya adalah membuat variabel pelaksanaan eksperimen.

Tabel 2: Variabel Pelaksanaan Eksperimen

| Eksperimen | Level/Faktor | | |
|------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| | Gaya Tekan (KN) | Besar Sudut (°) | Besar Radius (mm) |
| 1 | 500 | 60 | 2 |
| 2 | 850 | 60 | 2 |
| 3 | 500 | 120 | 2 |
| 4 | 850 | 120 | 2 |
| 5 | 500 | 90 | 1 |
| 6 | 850 | 90 | 1 |
| 7 | 500 | 90 | 3 |
| 8 | 850 | 90 | 3 |
| 9 | 675 | 60 | 1 |
| 10 | 675 | 120 | 1 |
| 11 | 675 | 60 | 3 |
| 12 | 675 | 120 | 3 |

| | | | |
|----|-----|----|---|
| 13 | 675 | 90 | 2 |
| 14 | 675 | 90 | 2 |
| 15 | 675 | 90 | 2 |

Eksperimen pada desain *Box Behken* melibatkan 3 variabel bebas dan 1 variabel respon. Penelitian ini dilakukan dengan 15 *run order* dengan hasil yang optimal.

6. Pengolahan Data dan Analisa Parameter
 Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan persamaan ANOVA dan perhitungan matriks. Selanjutnya dilakukan analisis data untuk mencari parameter yang berpengaruh menggunakan metode *Box Behken* dan *Response Surface*.

7. Alat dan Bahan

Alat :

Mesin CNC *Bending TRUMPF TrumaBend V85S*, jangka sorong, *bevel protector*, *punch* dan *tools*.

Bahan :

Material baja karbon rendah ST 37 dengan dimensi 50 mm X 100 mm dengan ketebalan 2 mm.

8. Optimasi Parameter

Bertujuan agar mendapatkan komposisi parameter *springback* yang optimum serta dilakukan menggunakan *software* Minitab dengan menggunakan *Response Optimizer*.

9. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini penelitian memberikan tahapan – tahapan dan penggambaran mengenai kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan sebelumnya. Serta berisikan saran –saran yang dapat menunjang penelitian selanjutnya.

2.2 Formula Matematika

Mencari SS, MS, F_{hitung} Regresi, Error dan Model Praduga.

$$SS_R = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (1)$$

$$MS_R = \frac{SS_R}{k} \quad (2)$$

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} \quad (3)$$

$$SS_E = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (4)$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{(n-k-1)} \quad (5)$$

$$SS_{LOF} = SS_E - SS_{PE} \quad (6)$$

$$MS_{LOF} = \frac{SS_{LOF}}{n-k-1-n_e} \quad (7)$$

$$F_{hitung} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}} \quad (8)$$

$$SS_{PE} = \sum_{j=1}^n \sum_{u=1}^n Y_{ju}^2 - n_j Y_j^2 \quad (9)$$

$$MS_{PE} = \frac{SS_{PE}}{n_e} \quad (10)$$

$$SS_T = SS_R + SS_E \quad (11)$$

$$b = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (12)$$

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1^2 + b_5 X_2^2 + b_6 X_3^2 \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tabel

Hubungan antara gaya tekan, radius dan sudut terhadap *springback* material dapat diketahui setelah melakukan percobaan dan pembahasan.

Tabel 1: Penentuan Variasi Gaya tekan, Radius dan Sudut. Parameter dan Level Eksperimen

| FAKTOR | LEVEL | | |
|-----------------|-------|-----|-----|
| | -1 | 0 | 1 |
| Gaya Tekan (KN) | 500 | 675 | 850 |
| Sudut (°) | 60 | 90 | 120 |
| Radius (mm) | 1 | 2 | 3 |

Sumber : hasil pengolahan data sendiri

Rancangan percobaan yang digunakan adalah metode *Box Behken* dengan pengambilan data percobaan sebanyak 15 kali.

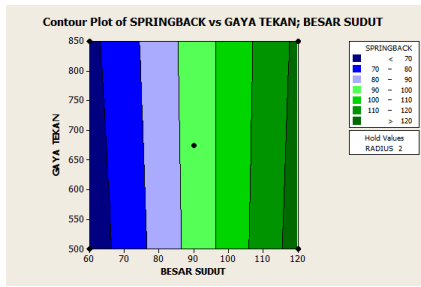
Tabel 2: Matriks rancangan random yang didapatkan dari *software* Minitab

| Percobaan ke - | Gaya Tekan (KN) | Sudut (derajat) | Radius (mm) | X1* | X2* | X3* |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----|-----|-----|
| 1 | 500 | 60 | 2 | -1 | -1 | 1 |
| 2 | 850 | 60 | 2 | 0 | -1 | 1 |
| 3 | 500 | 120 | 2 | -1 | 0 | 1 |
| 4 | 850 | 120 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 500 | 90 | 1 | -1 | 0 | -1 |
| 6 | 850 | 90 | 1 | 0 | 1 | -1 |
| 7 | 500 | 90 | 3 | -1 | 1 | 0 |
| 8 | 850 | 90 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| 9 | 675 | 60 | 1 | 1 | -1 | -1 |
| 10 | 675 | 120 | 1 | 1 | 0 | -1 |
| 11 | 675 | 60 | 3 | 1 | -1 | 0 |
| 12 | 675 | 120 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 13 | 675 | 90 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 675 | 90 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 675 | 90 | 2 | 1 | 1 | 1 |

Sumber : Random Faktor dengan *Software* Minitab

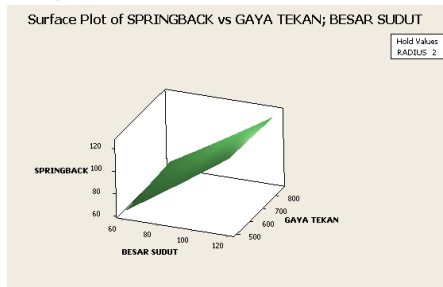
3.2 Contour dan Surface Plot

Respon dapat ditampilkan dalam bentuk grafis maupun bentuk 3 dimensi dengan tujuan untuk memberikan visualisasi bentuk dari respon. Setiap *contour* memiliki warna dan ukuran yang berbeda sesuai respon yang dihasilkan. Sedangkan *Surface plot* merupakan proyeksi dari *contour plot* dalam bentuk 3 dimensi.



Gambar 1. Hasil Contour plot

Gambar 1. Menampilkan bahwa *springback* akan tercapai apabila gaya tekan berada diantara 500 KN sampai 850 KN dan besar sudut berada antara 60° sampai 120°, sedangkan radius berada pada 2 mm. Dengan menggunakan *setting* parameter tersebut didapatkan hasil *springback* sebesar kurang dari 70 mm sampai lebih dari 120 mm.



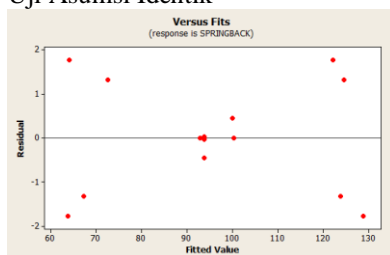
Gambar 2. Hasil Surface Plot

Pada gambar 2. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar pengaturan parameter yang diberikan maka *springback* yang dihasilkan akan semakin besar.

3.3 Pengujian Asumsi Residual

Berikut ini adalah pengujian yang dilakukan terhadap residual.

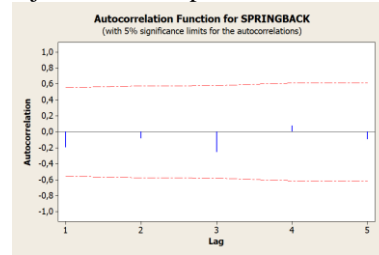
a. Uji Asumsi Identik



Gambar 3. Residual-Fitted Value

Pada gambar 3. Dapat dijelaskan bahwa nilai residual menyebar secara acak, tidak cenderung naik maupun turun. Sehingga residual bersifat identik.

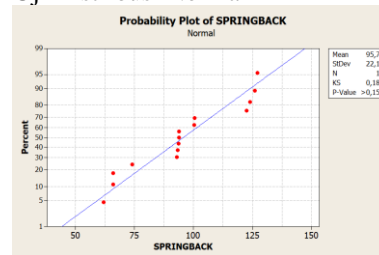
b. Uji Asumsi Independen



Gambar 4. Uji Asumsi Independen

Berdasarkan gambar 4. Dapat dijelaskan bahwa tidak terdapat lag (garis biru) yang melewati batas signifikansi (garis merah), sehingga asumsi independen memenuhi.

c. Uji Distribusi Normal

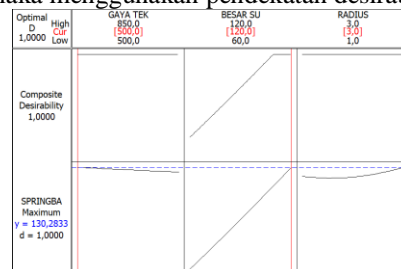


Gambar 5. Uji Distribusi Normal

Berdasarkan gambar 5. Dapat disimpulkan bahwa pengujian *Kolmogorov-Smirnov* menghasilkan *P-value* sebesar 0,150. Hal ini menunjukkan bahwa *P-value* lebih besar dari α sehingga keputusan adalah H_0 diterima makaberarti residual berdistribusi normal.

3.4 Optimasi Respon

Untuk memperoleh nilai variabel bebas (gaya tekan, besar sudut dan radius) yang dapat mengoptimalkan variabel respon *springback*, maka menggunakan pendekatan *desirability*.



Gambar 6. Konfigurasi Optimasi Respon *Springback*

Berdasarkan gambar 6. Dapat dijelaskan bahwa hasil optimasi *setting* variabel adalah gaya tekan sebesar 500 KN, besar sudut 120° dan besar radius 3 mm. Sehingga mendapatkan hasil variabel *springback* sebesar 130,283 mm dan *response optimization* menunjukkan nilai *composite desirability* sebesar 1,0000.

4. KESIMPULAN

Setelah selesai melakukan penelitian, pengambilan data serta analisa yang dilakukan dengan metode Response Surface dapat disimpulkan bahwa :

1. Konfigurasi parameter yang optimum pada proses *bending* material ST 37 dengan mesin *bending* TRUMPF TrumaBend V85S adalah Gaya Tekan : 500 KN, Besar Sudut : 120° dan Besar Radius : 3 mm dengan nilai *springback* sebesar 130,28 mm. Hasil parameter sudah optimum karena hasil uji eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa konfigurasi parameter yang telah dihitung menghasilkan nilai *springback* dengan Y optimum sebesar 134,03 mm.
2. Hasil analisa menunjukkan bahwa dalam proses *bending* material ST 37 parameter radius memiliki pengaruh dalam proses *bending* material ST 37 dengan menggunakan mesin *bending* TRUMPF TrumaBend V85S. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *P-value* dari parameter radius sebesar 0,005 dimana nilai tersebut kurang dari taraf signifikansi (α) sebesar 0,05 sehingga memenuhi syarat penerimaan hipotesa. Sedangkan pada parameter gaya tekan dan besar sudut tidak memiliki pengaruh karena nilai *P-value* yang dimiliki melebihi taraf signifikan (α) sebesar 0,05.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asshidiqi, Z. (2018). Analisa Nilai Pertambahan Panjang Material ST37 Pada CNC Mesin Bending TRUMPF TruBend 5050 Menggunakan Metode Full Factorial.
- [2] Bringas, J. E. (2004). *Handbook of Comparative World Steel Standards Third Edition*. Pennsylvania: Library of Congress Cataloging.
- [3] Hamni, A. (2017). Aplikasi Box Bohnken Design untuk Optimasi Parameter Proses Permesinan Bubut Mmagnesium AZ31. *Prosiding STTM XVI*, 1-5.
- [4] Manohar, M. (2013). Application of Box Behnken Design to Optimize The Parameter for Turning Iconel 718 Uisng Coated Carbide Tools. *International Journal Of Scientific & Engineering Research, Volume 4*, 620-642.
- [5] Montgomery, D. C. (1997). *Design and Analysis of Experiments*. Arizona State University: John Willey & Sons, Inc.
- [6] Osman, M. A., M, S., A, E.-M., & S, W. A. (2010). Springback Prediction in V-Die Bending : Modelling and Experimentation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 179-186.
- [7] Perincek, O. (2013). Use of Experiment Box-Behnken Design for the Estimation of Interactions Between Harmonic Currents Produced vy Single Phase Loads. *International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 3, Issue 2*, 158-165.
- [8] Peterson, R. G. (1994). *Agricultural Field Experiments : Design and Analysis*. Oregon: Marcel Dekker, Inc.
- [9] Prayoga, B. T. (2015). Springback Pada Pembentukan Plat Baja Dengan Air Vee Bending. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Bidang Industri ke 19*, 24-29.
- [10] Purwanti, E. P. (2013). Optimasi Parameter Proses Pemotongan Stainless Steel SUS 304 Untuk Kekasaran Permukaan Dengan Metode Response Surface. *Prosiding*, 74-88.
- [11] Sugiarto, M. A. (2017). Optimasi Parameter Proses Pemotongan Acrylic Terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Laser Cutting Dengan Metode Response Surface. *Tugas Akhir, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*.