

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini, disajikan beberapa hal penting yang dapat disimpulkan dari hasil perancangan maupun pengujian yang telah dilakukan. Selain itu, juga disampaikan saran-saran yang dapat dijadikan acuan untuk perbaikan serta pengembangan lebih lanjut terhadap mesin ini di masa mendatang.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan dan evaluasi menyeluruh terhadap proses rancang bangun Mesin *Bending* Pipa serta pengujian performanya, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Keberhasilan Rancang Bangun : Telah berhasil dirancang dan dibangun prototipe mesin *bending* pipa semi-otomatis yang berfungsi dengan baik menggunakan sistem transmisi bertingkat. Mesin ini digerakkan oleh motor listrik 3 HP (1400 rpm) yang direduksi menggunakan *Gearbox* WPA 70 (rasio 1:60) dan transmisi rantai, menghasilkan torsi yang cukup untuk melakukan deformasi plastis pada pipa galvanis 1 inci.
2. Capaian Radius Kelengkungan : Berdasarkan hasil pengujian aktual, mesin mampu mendekati target desain dengan radius kelengkungan terkecil yang dapat dicapai adalah **R = 275 mm**. Hasil ini diperoleh pada pengujian pipa dengan panjang 2000 mm dan pengaturan jarak *adjustment roller* (a) sebesar 150 mm. Target awal radius 275 mm belum sepenuhnya tercapai secara presisi akibat faktor *springback* material dan batasan geometri *roller* saat ini

3. Korelasi Non-Linear (Eksponensial): Hubungan antara Kedalaman Penekanan Pipa (D) dan Radius Kelengkungan Pipa (R) yang dihasilkan bersifat eksponensial, bukan linear. Setiap panjang pipa memiliki titik balik (puncak optimal), di mana kelengkungan paling tajam (radius terkecil) dicapai pada Kedalaman Penekanan (D) tertentu, bukan dengan peningkatan D secara terus-menerus.
4. Pengaruh Panjang Pipa: Panjang pipa berbanding lurus dengan radius kelengkungan yang dihasilkan. Semakin pendek pipa yang diuji (misalnya, 2000 mm), semakin kecil (*tajam*) radius kelengkungan minimum optimal yang dapat dicapai ($R_{\min} = 383$ mm).
5. Optimasi Kelengkungan: Pengaturan Jarak Roller (a) yang paling optimal untuk menghasilkan kelengkungan yang tajam (radius terkecil) bervariasi tergantung panjang pipa, namun umumnya berada pada rentang 170 mm hingga 190 mm sebelum titik balik tercapai.
6. Pengaruh Variasi *Adjustment* dan Panjang Pipa: Terdapat korelasi non-linear (eksponensial) antara kedalaman penekanan ulir dengan radius yang dihasilkan.
 - Panjang Pipa: Panjang benda kerja sangat mempengaruhi hasil akhir. Pipa yang lebih pendek (2000 mm) menghasilkan radius yang lebih tajam (275 mm) dibandingkan pipa yang lebih panjang (3000 mm menghasilkan $R = 375$ mm) pada pengaturan *adjustment* yang sama, dikarenakan perbedaan momen lentur dan defleksi material.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut pada Mesin *Bending* Pipa ini di masa mendatang adalah:

1. Validasi Ulang Persamaan Geometri: Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan guna merevisi atau memvalidasi ulang model matematis yang digunakan untuk menghitung Kedalaman Penekanan Pipa (D) agar sesuai dengan nilai fisis terukur. Alternatifnya, gunakan metode regresi data eksperimental untuk memformulasikan persamaan korelasi R vs D .
2. Pengukuran *Springback*: Studi berikutnya harus mencakup pengukuran sudut *springback* (pantulan elastis) setelah proses *bending*. Hal ini krusial untuk mengoptimalkan setelan mesin agar hasil kelengkungan sesuai target dimensi.
3. Pengembangan Mekanisme *Indexing*: Untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi, disarankan untuk mengintegrasikan sistem *indexing* (pengukuran posisi) digital pada mekanisme penekanan (untuk mengukur D) dan mekanisme Jarak Roller (a) agar operator dapat mengatur parameter secara lebih presisi.
4. Uji Material Komprehensif: Disarankan untuk melengkapi pengujian dengan uji tarik (tensile test) material pipa untuk memperoleh data properti mekanis (*Yield Strength*), yang akan sangat berguna sebagai input untuk simulasi numerik (misalnya menggunakan *Finite Element Method*) guna memprediksi hasil *bending*.