

ABSTRAK

Proses frais adalah proses penyayatan permukaan benda kerja menggunakan pahat bermata potong jamak (*multipoint cutting edges*) yang berputar. Pada proses frais benda kerja akan menghasilkan gaya potong. Gaya potong merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses frais dan menganalisa konsumsi daya potong selama proses frais. Untuk mengukur gaya potong diperlukan alat ukur berupa dinamometer, namun dinamometer yang beredar di pasaran saat ini harganya cukup mahal. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah merancang dinamometer dengan harga terjangkau yang mampu mengukur gaya potong dalam 3 axis. Penelitian membahas rancangan dinamometer meliputi desain analisis struktur hingga uji validasi dinamometer. Berdasarkan hasil analisis statik dinamometer yang didesain mampu menerima beban statik yang telah ditentukan. Hal tersebut ditunjukkan oleh beberapa parameter yang dihasilkan dari analisis statik yaitu tegangan maksimum 15,98 MPa, nilai defleksi $9,67 \times 10^{-4}$ mm, regangan $6,29 \times 10^{-5}$, dan faktor keamanan lebih dari 1. Sedangkan dari hasil analisis dinamik didapatkan nilai-nilai parameter dinamik meliputi massa 364 gr, rasio redaman 3,1%, kekakuan $5,4 \times 10^5$ N/m koefisien redaman 872 N.s/m, dan frekuensi pribadi 35561 Hz. 2. Dari hasil pengukuran resistansi rangkaian *strain gauge* pada dinamometer, didapatkan nilai sebesar 1372 Ohm sebagai *output excitation* positif (E+). Dan nilai sebesar 700 Ohm sebagai *output* untuk sinyal positif dan sinyal negatif (S+ dan S-). Pada kalibrasi dinamometer gaya normal dipilih data 2 karena memiliki nilai *error* yang paling kecil dengan nilai RMSE sebesar (0,000331) dan nilai MAE sebesar (0,0011). Sedangkan pada kalibrasi dinamometer gaya tangensial juga dipilih data 1 karena memiliki *error* yang paling kecil dengan mendapatkan nilai RMSE sebesar (0,000447) dan nilai MAE sebesar (0,0015). Selisih hasil pengukuran antara simulasi numerik dan *experiment test* berturut – turut yaitu $F_t(X)$ 0,7 N, $F_t(Y)$ 0,3 N dan $F_n(Z)$ 0,6 N. Hal ini menunjukkan bahwa dinamometer dapat digunakan dalam pengukuran gaya potong baik gaya normal maupun gaya tangensial walaupun terdapat *error* dalam perbandingannya, hal tersebut diakibatkan adanya dinamika dari luar yang terjadi saat pengukuran gaya potong pada uji eksperimen yang ikut terukur dalam pengujian tersebut, akan tetapi nilai dinamika tersebut tidak terhitung pada pengukuran gaya potong simulasi numerik.

Kata kunci : *Gaya potong, Dinamometer, FEA, EMA, Strain gauge.*

ABSTRACT

The milling process is the process of cutting the surface of the workpiece using a rotating multipoint cutting edge. In the milling process the workpiece will produce a cutting force. Cutting force is one of the parameters that can be used to optimize the milling process and analyze the cutting power consumption during the milling process. To measure the cutting force, a measuring instrument is needed in the form of a dynamometer, but the dynamometers currently on the market are quite expensive. Therefore the aim of this research is to design an affordable dynamometer capable of measuring cutting forces in 3 axes. The study discusses the design of dynamometers including structural analysis designs to dynamometer validation tests. based on the results of static analysis the dynamometer is designed to be able to accept a predetermined static load. This is indicated by several parameters resulting from the static analysis, namely the maximum stress of 15.98 MPa, the deflection value of $9,67 \times 10^{-4}$ mm, the strain of $6,29 \times 10^{-5}$, and the safety factor is more than 1. Meanwhile, from the results of the dynamic analysis, the dynamic parameter values include a mass of 364 gr, a damping ratio of 3.1%, a stiffness of $5,4 \times 10^5$ N/m, a damping coefficient of 872 N.s/m, and personal frequency 35561 Hz. From the results of measuring the resistance of the strain gauge circuit on the dynamometer, a value of 1372 Ohm is obtained as a positive excitation output (E+). And a value of 700 Ohm as output for positive signals and negative signals (S+ and S-). In the normal force dynamometer calibration, data 2 is selected because it has the smallest error value as indicated by obtaining an RMSE value of (0.000331) and an MAE value of (0.0011). Whereas in the calibration of the tangential force dynamometer data 1 was also chosen because it has the smallest error to get an RMSE value of (0.000447) and an MAE value of (0.0015). The difference in measurement results between the numerical simulation and the experimental test respectively is $F_t(X)$ 0.7 N, $F_t(Y)$ 0.3 N and $F_n(Z)$ 0.6 N. This shows that the dynamometer can be used in force measurements cut both the normal force and the tangential force even though there is an error in the comparison, this is due to external dynamics that occur when measuring the cutting force in the experimental test which is also measured in the test, but the dynamic value is not counted in the numerical simulation cutting force measurement.

Keywords : Cutting force, Dynamometer, FEA, EMA, Strain gauge.