

## ANALISA KEKUATAN DAN KECEPATAN PADA RANCANGAN SISTEM PENCEKAMAN RAGUM YANG DIGUNAKAN DI MESIN MILLING MIKRON POLITEKNIK ATMI SURAKARTA

**Agus Kurniawan<sup>1</sup>, Bayu Prabandono<sup>1</sup>, V. Bram Armunanto<sup>1</sup>, Abdi Surya Pangestu<sup>2</sup>, Alfon Dodi Cahyo Lukito<sup>2</sup>, Angga Okfika<sup>2</sup>, Antony Salim<sup>2</sup>, Arif Bijaksana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Staf Pengajar – Program Studi Teknik Mesin – Politeknik ATMI Surakarta

<sup>2</sup>Lulusan Mahasiswa – Program Studi Teknik Mesin Industri – Politeknik ATMI Surakarta

**Keywords :**

*Machine vice milling  
Torque limiter  
Quick-changed jaws*

**Abstract :**

*In machining process at milling machine microns ATMI Polytechnic Surakarta, the tightening magnitude of vise for clamping workpieces is less attention so the spindle and nut in the vise is damaged. In addition, the workpiece that is done with much variations forms require for fast replacement vise jaws so the time of production process can be effectively and efficiently. This applied research will design a vise that has control of spindle and nut tightening that they are not easily damaged and making a system in the vise that the jaws can be replaced quickly. Metodologi this study start with identifying the basic needs, problem formulation, system design, analysis and construction calculation, evaluation and preparation of the outcome document. As a result, the strength of the clamping system is controlled using Mechanic Torque Limiter that limit of the maximum clamping force is 2 tons and a speed of replacement jaws is using Quick Change Jaws system. that the speed of replacement jaws is 11 seconds. With this system, the spindle and nut in the vise to be more durable and varied production process can be done quickly.*

### 1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur memiliki beragam alat bantu yang memegang peran penting dalam proses produksi dimana salah satunya adalah alat pengecam benda kerja. Jenis-jenis pengecam benda kerja antara lain *clamp* (Huang, M.-S., *dkk*, 2011), *chuck* (Basavarajaa, J.S., *dkk*, 2014), ragum (Sugiyarto, Y., 2014), *deviding head*, dan *rotary table* (Rinaldi, M., *dkk*, 2011). Alat pengecam benda kerja yang umum digunakan adalah ragum. Ragum biasanya digunakan dalam kerja bangku (Sugiyarto, Y., 2014), *drilling* dan *milling* (Rinaldi, M., *dkk*, 2011). Jenis dan bentuk ragum juga cukup banyak antara lain *fixed vise*, *swivel vise* dan *compound vice* (Rinaldi, M., *dkk*, 2011). *Fixed vise* merupakan ragum yang umum digunakan pada proses *milling*.

*Fixed vise* yang digunakan di mesin *milling* mikron WF 3SA adalah ragum mesin merk *gressel* atau buatan Politeknik ATMI Surakarta sendiri. Ragum mesin bekerja menggunakan prinsip ulir daya. Saat *shaft* berulir diputar searah jarum jam, maka *nut* yang berhubungan langsung dengan salah satu bagian dari ragum yaitu *moveable vice* yang bergerak maju untuk mengecam benda kerja. Dalam proses penggunaannya, ragum mesin mengalami kerusakan pada bagian-bagian tertentu. Komponen ragum mesin yang sering mengalami kerusakan yakni ulir pada bagian *shaft* dan *nut*. Operator mesin kadang-kadang mengencangkan ragum mesin dengan cara yang tidak semestinya seperti dipukulnya tangkai/handle pengencang ragum sekuat tenaga, atau ditambah perpanjangan pipa dengan tujuan agar lebih kencang pengecamannya. Peristiwa ini dilatarbelakangi oleh tidak sedikitnya benda kerja yang rusak akibat pengecaman yang kurang kuat pada ragum mesin saat proses permesinan. Hal ini berimplikasi pada terlalu tingginya torsi yang diberikan pada sistem pengecaman ragum mesin. Apabila hal ini dilakukan terus menerus maka akan mengakibatkan mulurnya ulir pada *shaft* ragum mesin atau mulurnya ulir pada bagian *nut*, sehingga dapat berakhir pada gagalnya fungsi ragum mesin.

Oleh sebab itu, suatu sistem diperlukan untuk membatasi besarnya torsi yang terjadi pada ulir. Beberapa sistem yang digunakan untuk membatasi torsi yang terjadi pada suatu komponen antara lain *direct torque control* untuk mengatur kecepatan dari turbin angin (Atallah, A.M., *dkk*, 2015), *torque ripple reduction* untuk mengontrol *speed* pada *reluctance motor* (Kalaiivani, L., *dkk*, 2013) dan *torgue limiter with magnetic rheological fluid* pada pergerakan robot (Umehara, N., *dkk*, 2010). *Torgue limiter* dengan sistem mekanik dapat digunakan untuk membatasi besarnya torsi yang diterima oleh ulir pada ragum.

Hal yang lain, produk yang harus dikerjakan di mesin *milling* variasinya sangat banyak. Bentuk umum dari produk yang dicekam adalah berbentuk kotak atau balok. Namun tidak hanya bentuk kotak yang dicekam, bentuk silindris, profil, segitiga dan benda kerja tipis juga ada dan harus dicekam dengan baik padahal bentuk umum dari *jaws* pada ragum adalah flat sehingga alat-alat bantu pengecaman diperlukan untuk membantu agar benda kerja terkecam dengan baik dan aman seperti *v-block*, *angle block* dan *soft jaws*. Hal ini menyebabkan

waktu setting benda kerja menjadi lebih lama sehingga waktu pengerjaan menjadi lebih lama yang menyebabkan biaya produksi menjadi lebih mahal. Sebaiknya, bentuk dan profil dari *jaws* menyesuaikan dengan bentuk dari benda kerja yang akan dicekam.

Penelitian terapan ini merancang ragam mesin yang dilengkapi dengan mekanisme pengaman akibat kelebihan torsi (*Torque Limiter*) sehingga kerusakan bagian shaft ulir/nut dapat dicegah. Selain itu, bentuk dari *jaws* yang berbeda-beda sesuai bentuk benda kerja harus dibuat agar proses setting lebih cepat. Oleh karena itu, suatu sistem "*Quick Change Jaws*" harus dibuat agar *jaws* dapat diganti dengan cepat.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian terapan ini dilakukan di Politeknik ATMI Surakarta. Tahapan dari metodologi penelitiannya adalah sebagai berikut.

### 2.1 Identifikasi kebutuhan dasar

Tahap ini adalah langkah awal yang sangat penting berkenaan dengan konsep rancangan tugas akhir. Data-data dapat dihimpun dari berbagai sumber yakni dari pelanggan/customer Politeknik ATMI, dosen/instruktur, dan sumber dari internet. Melalui data yang ada, daftar kebutuhan pelanggan/requirement list baik dibuat baik secara *eksplisit* maupun *implisit* untuk mendapatkan rumusan masalah yang utama antara lain konstruksi yang mampu mencekam benda kerja dengan kuat dan aman, umur pakai yang panjang dan meminimalkan waktu kerja.

### 2.2 Identifikasi permasalahan

Dari identifikasi kebutuhan dasar, kerusakan spindle dan proses produksi dengan variasi produk yang lama pada proses di mesin milling mikron menjadi permasalahan yang utama. Kerusakan spindle terjadi karena proses pengencangan ragam yang terlalu kencang dan lamanya proses produksi dengan variasi produk yang banyak karena penggantian *jaws* pada ragam yang cukup lama.

### 2.3 Design sistem

Masalah yang telah diketahui dianalisis demi mendapatkan berbagai kemungkinan solusi yang sesuai, dengan mempertimbangkan pula daftar kebutuhan pelanggan yang ada. Pada tahap ini dimulai dengan membuat variasi design ragam mesin berdasarkan konstruksi dan material. Selanjutnya, setiap design dinilai berdasarkan kemampuan teknik dan non teknis. Kemampuan teknik terdiri dari kekuatan konstruksi, kemudahan pembuatan, dimensi dan perawatan. Kemampuan non teknis terdiri dari biaya, performance, kemudahan pengoperasian dan umur pakai.

### 2.4 Analisa dan perhitungan

Sistem *torque limiter* pada *shaft* dan *quick change* pada *jaws* dianalisa dan dihitung kemampuan tekniknya. Perhitungan sistem *torque limiter* pada *shaft* dimulai dengan perhitungan gaya potong mesin, perhitungan *shaft*, perhitungan kekuatan ulir, dan perhitungan pegas. Hal yang lain, perhitungan yang dilakukan pada sistem *quick change* untuk *jaws* adalah waktu melepas dan memasang *jaws*.

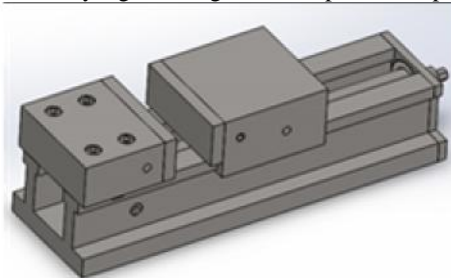
### 2.5 Evaluasi dan dokumentasi

Evaluasi dan dokumentasi dilakukan agar hasil dari perhitungan tidak terlalu jauh dari realita dan hasilnya tersimpan dengan baik. Hasil design dan perhitungan disimpan dan digunakan untuk pengembangan ragam yang terdapat dalam mesin milling mikron.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Ragam

Design ragam merupakan awal proses dari penelitian ini. 4 (empat) buah variasi *design* ragam mesin berdasarkan konstruksi dan material dibuat. Selanjutnya, setiap *design* dinilai berdasarkan kemampuan teknik dan non teknis. Kemampuan teknik terdiri dari kekuatan konstruksi, kemudahan pembuatan, dimensi dan perawatan. Kemampuan non teknis terdiri dari biaya, *performance*, kemudahan pengoperasian dan umur pakai. Berdasarkan hal tersebut, design dari sistem yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1. *Design* Ragam Mesin Milling Mikron

Gambar 3. 1 menunjukkan ragam mesin yang dipilih berdasarkan kriteria yang diharapkan. Bagian utama ragam ini terdiri dari *base, top vise, shaft* dan *moveable vise*. *Base* berfungsi sebagai dudukan *top vise, shaft* dan *moveable vice*. *Moveable vice* memiliki komponen ulir dalam yang bersesuaian dengan ulir *shaft*. Saat *shaft* diputar searah jarum jam menggunakan handle maka *moveable vice* bergerak maju menuju benda kerja yang akan dicekam. *Shaft* diputar berlawanan arah jarum jam untuk menggerakkan *moveable vice* mundur dan melepaskan benda kerja dari cekaman.

Ragam di *design* agar dapat menahan gaya potong yang terjadi pada saat pengerjaan benda kerja. Gaya potong yang terjadi dihitung berdasarkan material maksimal yang dikerjakan dan power *output* dari mesin tersebut. Power output dihitung dengan persamaan (B. Sudibyo, I.H., 2012):

$$P_{output} = P_{motor} \times \eta \dots \dots \dots (1)$$

dimana  $P_{output}$  adalah power yang digunakan satuan Kw,  $P_{motor}$  adalah power yang dihasilkan oleh motor listrik dan  $\eta$  adalah efisiensi. Pada proses milling, motor utama mesin akan memutar alat potong sehingga terjadi momen puntir pada alat potong tersebut yang dihitung dengan persamaan (B. Sudibyo, I.H., 2012):

$$M_t = 9550 \times \frac{P_{motor}}{n} \dots \dots \dots (2)$$

dimana  $M_t$  adalah momen puntir yang terjadi satuan Nm,  $P_{motor}$  adalah power yang dihasilkan oleh motor listrik satuan Kw dan  $n$  adalah putaran dari alat potongnya satuan rpm. Setelah mendapatkan momen puntir yang terjadi maka dihitung gaya keliling yang terjadi dengan persamaan (B. Sudibyo, I.H., 2012):

$$F_u = \frac{M_t \times 2}{d} \dots \dots \dots (3)$$

dimana  $F_u$  adalah gaya keliling satuan N.  $M_t$  adalah momen puntir yang terjadi satuan Nm,  $d$  adalah diameter alat potong satuan mm. Gaya cekam yang dilakukan harus lebih besar dari gaya keliling pada proses pengerjaan benda kerja. Gaya cekam yang terjadi pada ragam dihitung dengan persamaan (B. Sudibyo, I.H., 2012):

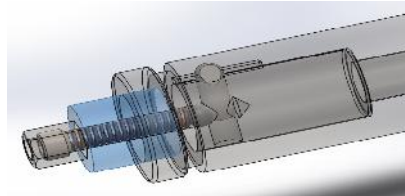
$$F_c = \frac{F_u - (m \times g)}{2 \times \mu} \dots \dots \dots (4)$$

dimana  $F_c$  adalah gaya cekam satuan N.  $F_u$  adalah gaya keliling satuan N,  $m$  adalah massa benda kerja satuan kg,  $g$  adalah gaya gravitasi satuan  $m/s^2$  dan  $\mu$  adalah angka gesekan luncur. Demi amannya pencekaman maka hasil dari  $F_c$  harus dikalikan dengan angka keamanan.

Power motor berdasarkan data dari mesin milling mikron WF 3SA adalah 2.6 Kw, asumsi efisiensi sebesar 95%, putaran alat potong dari cutter shell end mill dengan diameter 100 mm sebesar 100 rpm, ukuran maksimal benda kerja 125 x 150 x 200 mm dan angka gesekan luncur 0,17 serta angka keamanan yang diberikan 1.5 didapat nilai dari  $F_u$  sebesar 4717 N dan  $F_c$  sebesar 19515 N. Dari hasil perhitungan, gaya pencekaman harus lebih besar dari hasil perhitungan sehingga diambil  $F_c$  sebesar 20000 N.

**3.2 Torque Limiter Shaft**

*Shaft* di design dengan menggunakan sistem *torque limiter* yang berfungsi membatasi kelebihan torsi yang didistribusikan melalui handle ragam mesin. *Design* dari *torque limiter* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. *Torque Limiter System*

Gambar 3.2 menunjukkan bagian – bagian yang terdapat pada torque limiter system yaitu *bolt, spring, ball, bearing* and *pin*. Pada sistem ini terdapat dua buah shaft yang dihubungkan dengan pin. Dibawah pin terdapat ball yang ditekan oleh spring sehingga ball tersebut menekan pin pada shaft paling luar. Jika shaft paling luar, maka shaft bagian dalam juga akan ikut berputar. Ketika gaya pengencang yang diberikan terlalu besar dari yang diijinkan, pin yang telah dibentuk sedemikian rupa akan tertekan turun sehingga antara shaft luar dengan shaft dalam unconnected yang menyebabkan ulir pada shaft dalam tidak mendapat tekanan berlebih sehingga umur pakainya lebih lama.

Shaft terbuat dari material VCL yang memiliki tegangan ijin sebesar 630 N/mm<sup>2</sup>. Shaft berupa ulir, maka bagian ulir dihitung tegangan puntirnya dengan menggunakan persamaan (Suroto, A., 2012):

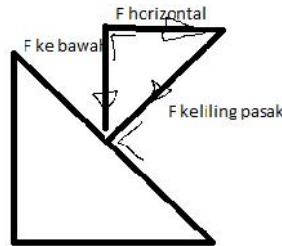
$$\tau_p = \frac{M_t}{W_p} \dots\dots\dots (5)$$

dimana  $\tau_p$  adalah tegangan puntir satuan  $N/m^2$ .  $M_t$  adalah momen puntir satuan Nm dan  $W_p$  adalah momen tahanan polar satuan  $m^3$ . Momen tahanan polar untuk ulir sama dengan shaft yang berlubang dan persamaannya adalah (Suroto, A., 2012):

$$W_p = \frac{(D^4 - d^4)}{D} \dots\dots\dots (6)$$

dimana  $W_p$  adalah tegangan puntir satuan  $m^3$ ,  $D$  adalah diameter mayor satuan m dan  $d$  adalah diameter minor satuan m. Berdasarkan data material yang ada, maka diameter shaft yang digunakan adalah 17 mm.

Hal penting lain yang perlu dihitung adalah panjang pemampatan pegas dan sudut dari pin agar pin dapat terdorong turun ketika ada beban berlebih. Pegas yang digunakan adalah tipe compression spring EE-90 yang memiliki konstanta pegas 44 N/mm. Koefisien gesek yang terjadi 0.1. Gaya yang terjadi pada pin dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Gaya Pada Pin

Gambar 3.3 menunjukkan gaya-gaya yang terjadi pada pin. Gaya tekan ke bawah harus lebih besar dari gaya gesek yang terjadi antara pasak dengan shaft. Dengan diameter shaft yang dihitung dan kemudian dibuat dalam konversi ulir, sudut dari ulir tersebut jika dibentuk dalam bidang datar sudutnya adalah  $5.1^\circ$ . Gaya gesek yang terjadi berdasarkan gaya cekam, sudut ulir dan koefisien gesek adalah 3784.95 N. Gaya putar akibat gaya gesek adalah 3769.97 N. Dengan menggunakan rumus pythagoras, gaya tekan ke bawah yang terjadi sebesar 40 kg atau 400 N. Panjang pemanpatan pegas dihitung dengan persamaan (Spring, C., 2011):

$$x = \frac{F_{bawah}}{k_{pegas}} \dots\dots\dots (7)$$

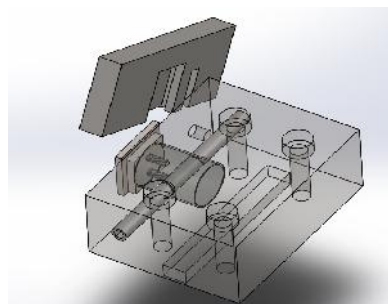
dimana  $x$  adalah panjang pemanpatan pegas dalam mm,  $F_{bawah}$  adalah gaya kebawah satuan N dan  $k$  pegas adalah konstanta pegas satuan N/mm. Hasil pemampatan panjang pegas adalah 9 mm. Sudut kemiringan pin yang dapat di design berdasarkan gaya keliling pin dan gaya kebawahnya adalah  $6.06^\circ$ .

### 3.3 Quick Change Jaws

Dengan produksi yang bervariasi diperlukan suatu sistem yang dapat mengganti profil pengecam dengan cepat sehingga tidak perlu ada alat bantu pengecaman yang terlalu banyak. Sistem melepas dan memasang jaw di design dengan menggunakan sistem *quick change* dimana *jaw* dimasukkan ke dalam pengunci yang dikencangkan dengan menggunakan *exentric shaft*. Sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Terdapat slot pada jaws yang dipasangkan pada guide yang terdapat pada *shaft* bagian depan. Bagian samping terdapat pin *exentric*. Jika pin tersebut diputar, maka shaft akan bergerak maju mundur sehingga mudah melepas dan mengencangkan jaws.

Dari percobaan yang dilakukan, dengan pengencangan conventional dibutuhkan waktu 67 detik untuk melepas atau memasang *jaws* pada ragum. Dengan sistem *quick change jaws* hanya dibutuhkan 11 detik untuk melepas dan memasang *jaws*. Sistem *quick change jaws* membuat waktu pengerjaan lebih cepat.



Gambar 3.4. Quick Change Jaws

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Batas kekuatan tekan pada benda kerja dengan sistem Torque Limiter adalah sebesar 2 ton untuk menghindari kerusakan shaft ulir/nut.
2. Sistem Quick Changed Jaws terbukti mampu mempercepat proses pemasangan jaws dari 67 detik menjadi 11 detik.
3. Penelitian lanjut diperlukan untuk membuat suatu sistem yang lebih baik dalam proses produksi.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Atallah, A.M., and Tantawy, E.S.F.E., 2015, *Direct Torque Control of Machine Side Multilevel Converter for Variable Speed Wind Turbines*, Energy, Vol. xxx pp. 1-9.
- B. Sudibyo, I.H., 2012, *Kekuatan Dan Tegangan Izin*.
- Basavarajaa, J.S., and Mujawar, S.M.S., 2014, *Modelling, Simulation and Analysis of Gripping Force Loss in High Speed Power Chuck*, International Conference on Advances in Manufacturing and Materials Engineering, ICAMME 2014, Vol. 5 pp. 1417-1423.
- Huang, M.-S., Lin, T.-Y., and Fung, R.-F., 2011, *Key Design Parameters and Optimal Design of a five-Point Double-Toggle Clamping Mechanism*, Applied Mathematical Modelling, Vol. 35 pp. 4304-4320.
- Kalaivani, L., Subburaj, P., and Iruthayarajan, M.W., 2013, *Speed Control of Switched Reluctance Motor with Torque Ripple Reduction Using Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm (Nsga-Ii)*, Electrical Power and energy Systems, Vol. 53 pp. 69-77.
- Rinaldi, M., and Tia, A., 2011, *Ragum*, pp. 1-19.
- Spring, C., 2011, *Compression Springs*, pp. 1-1.
- Sugiyarto, Y., 2014, *Perkakas Tangan*, pp. 1-15.
- Suroto, A., 2012, *Streng of Material*.
- Umehara, N., and kita, S., 2010, *Improvement of the Limit Torque for the Torque Limiter with Magnetic Rheological Fluid*, Physics Procedia, Vol. 9 pp. 234-237. *Mechanism, Applied Mathematical Modelling*, Vol. 35 pp. 4304-4320.
- Kalaivani, L., Subburaj, P., and Iruthayarajan, M.W., 2013, *Speed Control of Switched Reluctance Motor with Torque Ripple Reduction Using Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm (Nsga-Ii)*, Electrical Power and energy Systems, Vol. 53 pp. 69-77.
- Rinaldi, M., and Tia, A., 2011, *Ragum*, pp. 1-19.
- Spring, C., 2011, *Compression Springs*, pp. 1-1.
- Sugiyarto, Y., 2014, *Perkakas Tangan*, pp. 1-15.
- Suroto, A., 2012, *Streng of Material*.
- Umehara, N., and kita, S., 2010, *Improvement of the Limit Torque for the Torque Limiter with Magnetic Rheological Fluid*, Physics Procedia, Vol. 9 pp. 234-237.