

Peningkatan Keahlian Pengefraisan Roda Gigi Lurus Dengan Proses Milling Bagi Dosen dan Tenaga Kependidikan Muda di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Edi Saputra¹, Ardian Rahmat Irawan Sinaga^{2*}, Jagodang Harahap³, Mawardi⁴, Hanif⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹ edi.saputra@pnl.ac.id

^{2*} ardianrisinaga@pnl.ac.id

³ jagodang@pnl.ac.id

⁴ mawardi@pnl.ac.id

⁵ hanif@pnl.ac.id

Abstrak— Selama lima tahun terakhir dosen dan tenaga kependidikan jurusan teknik mesin (JTM) Politeknik Negeri Lhokseumawe (PNL) yang purna tugas mencapai 20%, sedangkan penerimaan dosen dan tenaga kependidikan baru hanya 7%. Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) untuk dapat meningkatkan keahlian dosen dan tenaga kependidikan baru dalam bidang pengefraisan roda gigi lurus dilakukan untuk dapat terus menunjang proses pembelajaran praktik di lingkungan JTM - PNL. Kegiatan dilaksanakan selama delapan hari di laboratorium produksi dan pemesinan JTM-PNL. Peserta yang hadir dari hari pertama sampai dengan hari ke delapan sebanyak 10 – 13 orang. Roda gigi lurus dibuat sebanyak 2 buah dengan diameter luar (d_a) 75 mm, jumlah gigi (z) 23 buah, menggunakan modul 3 nomor 4, dan roda gigi lurus dengan diameter luar (d_a) 60 mm, jumlah gigi (z) 18 buah, menggunakan modul 3 nomor 4.

Kata kunci— Industri 4.0, Dosen muda, Roda gigi lurus, Pemesinan, Mesin Frais

Abstract— Over the past five years, approximately 20% of the lecturers and educational staff in the Mechanical Engineering Department (MED) of the Lhokseumawe State Polytechnic (PNL) have retired, while the recruitment of new lecturers and staff has been only 7%. A Community Service Program was conducted to enhance the skills of new lecturers and educational staff in the field of spur gear milling, aiming to support practical learning processes within the MED-PNL environment continuously. The activity was carried out over eight days in the Production and Machining Laboratory of MED-PNL. The number of participants from the first to the eighth day ranged from 10 to 13 people. Two spur gears were manufactured: one with an outer diameter (d_a) of 75 mm and 23 teeth (z), using module 3 number 4, and another with an outer diameter (d_a) of 60 mm and 18 teeth (z), also using module 3 number 4.

Keywords— Industry 4.0, Young lecturers, Straight gears, Machining, Milling Machine

I. PENDAHULUAN

Indonesia telah berkomitmen penuh untuk mencapai industri 4.0 dan menjadi prioritas nasional yang akan dicapai pada tahun 2030 [1]. Industri pengolahan (manufaktur) tetap menjadi sektor unggulan dalam ekonomi nasional. Pada tahun 2023 indeks produksi industri manufaktur tumbuh sebesar 2,41% yang mendorong Produk Domestik Bruto (PDB) sektor manufaktur untuk tumbuh sebesar 4,64% [2], sedangkan tahun 2024 sektor manufaktur yang mencapai 4,43%. sektor manufaktur memberikan kontribusi sebesar 0,90% terhadap pertumbuhan (source of growth) PDB nasional yang tumbuh sebesar 5,03 persen secara keseluruhan [3].

Perkembangan industri manufaktur yang terus meningkat dan berkembang akan dapat terus terjaga dengan adanya tenaga ahli yang kompetitif, kreatif dan inovatif. Tuntutan tersebut sejalan dengan pendidikan tinggi vokasi yang fokus menghasilkan lulusan memiliki keterampilan dan pengetahuan praktis yang dapat langsung diterapkan di dunia kerja.

Perguruan tinggi vokasi negeri dan terlama yang berada di provinsi aceh yaitu Politeknik Negeri Lhokseumawe menerapkan Kegiatan belajar mengajar (KBM) didominasi dengan kegiatan praktik untuk dapat menghasilkan lulusan yang kompeten, inovatif, dan berdaya saing global dengan mengedepankan pembentukan karakter yang berakhlak dibidang Teknik Mesin, Teknik Sipil, Teknik Kimia, Teknik Elektro, Bisnis, dan Teknologi Informasi Komputer.

Jurusan Teknik mesin adalah salah satu jurusan paling lama di politeknik negeri lhokseumawe, kegiatan belajar mengajar yang sudah menerapkan sistem kegiatan praktik dibidang pemesinan dapat mengalami kemunduran. Hal ini dapat terlihat dari jumlah tenaga dosen dan tenaga kependidikan untuk mendukung pembelajaran praktik pemesinan sudah purnatugas di jurusan Teknik mesin dalam 5 tahun terakhir sebesar 20% dari jumlah dosen dan tenaga kependidikan yang ada, dan akan terus meningkat setiap tahunnya. Sedangkan tenaga dosen dan tenaga kependidikan yang masuk hanya 7%.

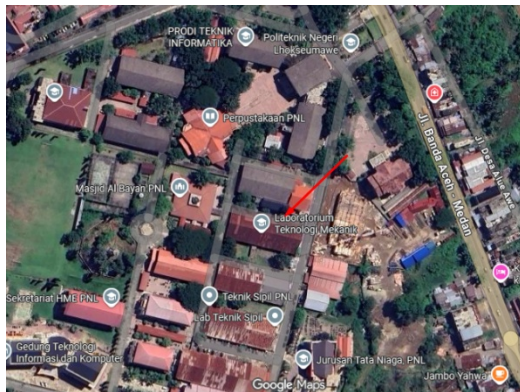
Kesenjangan tersebut menjadi salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi penurunan kualitas pengajaran praktik di jurusan Teknik mesin. Penanganan yang cepat dan tepat, dapat mengantisipasi hal tersebut terjadi. Melakukan peningkatan keahlian dibidang praktik pemesinan untuk dosen dan tenaga kependidikan baru merupakan salah satu alternative yang dapat dilakukan.

Praktik pemesinan yang perlu ditingkatkan adalah pengoprasian mesin milling. Pengerjaan yang dapat dilakukan pada mesin milling adalah pembuatan roda gigi lurus, yang juga menjadi salah satu materi praktik pada program studi teknologi mesin jurusan Teknik mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

Pelaksanaan kegiatan peningkatan keahlian pengefraisan ini dapat dilakukan Laboratorium Produksi dan Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe (JTM-PNL) yang beralamat Jln. Banda Aceh Medan Km.280

Buketrata Kota Lhokseumawe. Peta lokasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pelatihan

Kegiatan ini dibagi kedalam area teori, kegiatan ini dilakukan di ruang teori. Ruang teori digunakan untuk membahas dan memperhitungkan roda gigi yang akan dibuat. Ruang yang digunakan adalah ruang dosen pada laboratorium produksi dan pemesinan JTM-PNL. Pada gambar 2 menunjukkan peserta kegiatan foto Bersama di ruang teori kegiatan.



Gambar 2. Ruang teori kegiatan

Kegiatan praktik di lakukan di area praktik, kegiatan ini dilakukan pada ruang praktik laboratorium produksi dan pemesinan JTM-PNL. Kegiatan praktik dilaksanakan menggunakan mesin frais (*milling*) Schaublin 13 [4] di laboratorium produksi dan pemesinan. Area praktik dan mesin frais yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Ruang praktik lab. Produksi dan pemesinan

Pelatihan dilakukan selama 8 hari, tanggal 30 Juli 2025 - 8 Agustus 2025 pada hari Senin sampai dengan hari Jum'at mulai pukul 09.00 – 15.00 WIB, dengan rincian kegiatan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rincian kegiatan

Kegiatan	Hari ke							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pengenalan Mesin Frais	■							
Pengenalan Tools Mesin Frais		■						
Pengoperasian Mesin Frais			■					
Pengenalan jenis mata potong Mesin Frais				■				
Menggunakan alat-alat bantu pada Mesin Frais					■			
Pengerjaan Projek roda gigi lurus pada Mesin Frais						■		

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah kerja (*job sheet*) disusun untuk memberikan panduan mulai alat dan bahan, keselamatan dan kesehatan kerja (K3), perhitungan, serta Langkah-langkah proses pengerjaan roda gigi lurus di tuangkan kedalam *job sheet*. Gambar 4 menunjukkan tampilan *job sheet* yang digunakan.



Gambar 4. Job sheet roda gigi lurus

Persiapan Benda Kerja (*Blank*)

Tahap proses pembuatan benda kerja (*blank*) untuk dijadikan bahan praktik dimulai dengan menentukan bahan *blank* dari aluminium pejal [5] dengan diameter 76 mm. Kemudian potong dengan lebar 22 mm menggunakan mesin pemotong. *Blank* yang di potong dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Benda kerja

Peserta merapikan permukaan blank dengan melakukan pembubutan pada kedua sisinya sehingga ketebalan *blank* menjadi 20 mm. Lakukan pengeboran pada bagian tengah *blank* dengan ukuran Ø20 mm, yang berfungsi untuk memasukan mandrel sebagai penopang *blank* saat pembubutan permukaan menjadi ukuran Ø75 mm, juga berfungsi saat pembuatan roda gigi. Hasil blank yang dan mandrel yang sudah di bubut dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Mandrel dan blank

Teori Pembuatan Roda Gigi Lurus

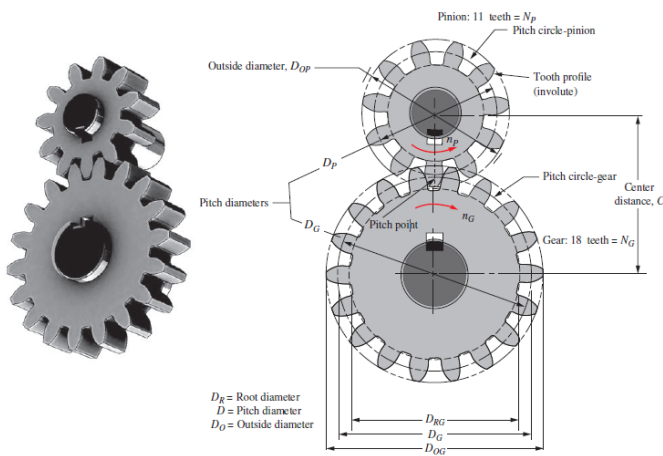
Pembuatan roda gigi lurus tidak dapat dilakukan jika tidak memahami dasar-dasar perhitungan dari roda gigi lurus. Sebelum melakukan praktik pembuatan roda gigi lurus, materi yang disampaikan adalah teori tentang bagian-bagian roda gigi, bagian-bagian mesin frais, fungsi-fungsi alat bantu mesin frais, jenis mata pisau (*cutter*), kepala pembagi (*dividing head*), piring pembagi, perhitungan-perhitungan pembuatan roda gigi lurus, dan pengukuran roda gigi lurus. Kegiatan teori dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Penyampaian teori tentang roda gigi lurus

Perhitungan Pembuatan Roda gigi lurus

Teori dan perhitungan yang disampaikan pada kegiatan teori, merupakan dasar-dasar dalam pembuatan roda gigi lurus, bagian-bagian dari roda gigi lurus dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Bagian roda gigi lurus [6]

Pada kegiatan peningkatan keahlian pembuatan roda gigi lurus, juga dilakukan pendalaman korelasi perhitungan dalam penerapan persamaan-persamaan dari roda gigi lurus dalam proses pembuatan. Beberapa persamaan yang dibahas dalam kegiatan teori sebagai berikut [6] [7]:

$$z = \frac{d}{m} \tag{1}$$

$$d_a = d + (2 \cdot m) \tag{2}$$

$$d_f = (d - 2) (m+c) \tag{3}$$

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} \tag{4}$$

$$d = m \cdot z \tag{5}$$

$$m = \frac{d_a}{z+2} \tag{6}$$

$$h_a = m \tag{7}$$

$$h_d = m + c \tag{8}$$

$$h_f = h_a + h_d = 2m + c \tag{9}$$

$$c = (0,1 \text{ s/d } 0,3) \times m \text{ (sering digunakan } 0,167) \tag{10}$$

Perhitungan Kepala Pembagi (*Dividing Head*)

Selain perhitungan persamaan pada roda gigi, pembahasan teori juga menjabarkan tentang kepala pembagi. Bagian ini berfungsi untuk mengatur pembagian jumlah gigi (z), pada kepala pembagi terdapat bagian utama yaitu roda gigi cacing, piring pembagi, tuas pengunci, engkol putar, pin indeks, dan cekam atau cak rahang tiga [8],[9],[10]. Kepala pembagi yang digunakan memiliki spesifikasi rasio roda gigi cacing (i) = 40, ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Kepala pembagi

$$N_k = \frac{i}{z} \tag{11}$$

Keterangan :

N_k = Putaran engkol Kepala Pembagi
 i = Rasio roda gigi cacing

Jenis kepala pembagi memiliki nilai ratio roda gigi cacing pada umumnya nilainya 40, 60 atau 90. Kepala pembagi yang sering digunakan roda gigi cacing 40 seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.

Setelah memahami penggunaan kepala pembagi, peserta kegiatan juga di jelaskan penggunaan piring pembagi, pada materi piring pembagi, peserta didemonstrasikan bagaimana penerapan perhitungan persamaan 11 dengan penggunaan piring pembagi. Piring pembagi memiliki nomor dan jumlah lubang, bagian ini dipasang pada kepala pembagi.

Menentukan piring pembagi berdasarkan jumlah gigi (z) yang akan dibuat. Jumlah lubang pada piring pembagi harus sama dengan jumlah gigi yang akan dibuat. Bentuk piring pembagi dapat di lihat pada gambar 10.



Gambar 10. Piring pembagi

Pembuatan Roda Gigi Lurus

Roda gigi lurus yang akan dibuat dengan ukuran Ø75mm, dan jumlah gigi sebanyak 23 buah, modul yang digunakan , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6. Hasil dari perhitungan persamaan 6, modul yang digunakan menggunakan modul 3,

Mata pisau (cutter) yang digunakan terdapat nomor modul, nomor modul disesuaikan dengan jumlah gigi yang dibuat, untuk lebih jelas pembagian nomor modul dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Nomor modul cutter mesin frais

Nomor Modul	Jumlah Gigi
1	12 - 13
2	14 - 16
3	17 - 20
4	21 - 25
5	26 - 34
6	35 - 54
7	55 - 134
8	135 gigi atau lebih (tak terhingga)/gigi reck

Jumlah gigi sebanyak 23 buah, maka nomor modul yang digunakan sesuai tabel 2, dengan spesifikasi 21 – 25 gigi. Maka nomor modul yang digunakan nomor 4. Cutter modul 3 nomor 4 dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Modul 3 Nomor 4

Peserta melakukan perhitungan putaran engkol kepala pembagi dengan menggunakan persamaan 11, dimana spesifikasi roda gigi cacing kepala pembagi = 40, maka nilai:

$$N_k = 1 \frac{17}{23}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat diaplikasikan pada piring pembagi dengan lubang 23, perubahan putaran pada kepala pembagi dilakukan dengan memutar 1 kali putaran penuh dan ditambah 17 lubang. Maka gunakan tuas pengunci untuk memberi tanda pada lubang ke 17 seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Pengaturan piring pembagi

Peserta diminta untuk memasang mandril pada lubang tengah blank kemudian jepit pada cekam kepala pembagi, lalu atur meja geser sehingga modul berada di tengah bagian blank, dengan menggunakan kepala lepas sebagai panduannya. Kemudian menggunakan mata pisau dengan tepi blank untuk menentukan titik nol pemakanan seperti ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Pengaturan blank pada cekam kepala pembagi

Sebelum menghitung kedalaman pemakanan atau dengan perhitungan tinggi kaki roda gigi, dengan menggunakan persamaan 9, terlebih dahulu menghitung nilai clearance dengan menggunakan persamaan 10. Dari hasil perhitungan persamaan 10, di dapatkan nilai clearance = 0,5 mm, kemudian peserta menggunakan persamaan 9 untuk menghitung tinggi kaki atau kedalaman pemakanan. Dari persamaan 9 tersebut, didapat nilai pemakanan kedalaman 6,5 mm.

Peseta pelatihan melakukan praktik dengan cara melakukan pemakanan secara bertahap dengan total pemakanan 6,5 mm, setelah selesai satu kali pemakanan alur, peseta melakukan pemutaran engkol kepala pembagi sebanyak 1 kali putaran penuh di tambah 17 lubang piring pembagi. Proses ini dilakukan pada lubang 23 sesuai perhitungan persamaan 11, peserta melakukan secara bergantian dengan melakukan berulang sampai pemakanan 1 putaran penuh blank membentuk roda gigi yang dibuat.

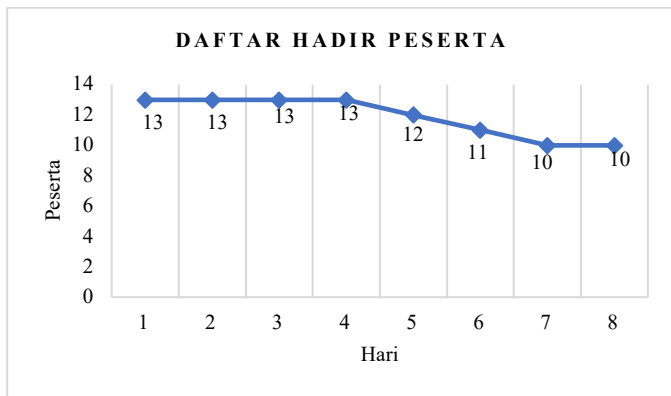
Peserta secara bersama-sama melakukan praktik pembuatan roda gigi sesuai hasil perhitungan dan pengukuran yang di jabarkan pada job sheet seperti yang di tunjukan pada gambar 14.



Gambar 14. Peserta kegiatan membuat roda gigi lurus

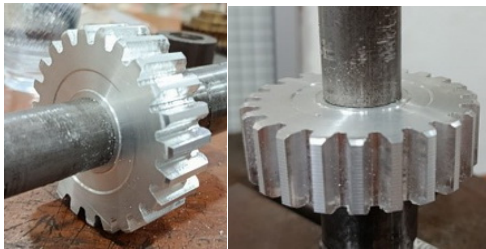
Kegiatan peningkatan keahlian ini dilaksanakan selama delapan hari. Rekapitulasi peserta kegiatan dilakukan dari hari pertama sampai hari ke delapan. Peserta dituntut aktif dalam setiap rangkaian kegiatan. Daftar hadir peserta kegiatan

peningkatan keahlian pembuatan roda gigi lurus dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik kehadiran peserta

Peningkatan keahlian yang dilakukan peserta, menghasilkan 2 buah roda gigi yang dibuat, ukuran yang dibuat sudah sesuai dengan job sheet, roda gigi lurus yang dibuat dilakukan pengukuran dari diameter, kedalaman gigi, jumlah gigi serta kekasaran roda gigi lurus. Hasil benda kerja yang dibuat dalam pelatihan ini dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Roda gigi lurus yang dibuat

IV. KESIMPULAN

Dalam mengantisipasi ketimpangan dosen purna tugas dengan penerimaan dosen baru pada jurusan teknik mesin politeknik negeri lhokseumawe, dilakukan kegiatan peningkatan keterampilan pembuatan roda gigi lurus pada laboratorium produksi dan pemesinan jurusan teknik mesin untuk dosen muda dan tenaga kependidikan.

Hasil kegiatan pelatihan peningkatan keahlian dalam pembuatan roda gigi lurus untuk tenaga dosen dan tenaga kependidikan, dilakukan selama delapan hari, dan di ikuti oleh 10 – 13 orang, yang terdiri dari dosen dan tenaga kependidikan. Dosen baru yang mengikuti kegiatan peningkatan keterampilan ini, sudah dapat menghitung menggunakan persamaan roda gigi lurus dan membuatnya menggunakan mesin frais dengan ukuran diameter yang berbeda secara mandiri.

Luaran dari kegiatan PKM ini adalah roda gigi lurus yang di buat dari kegiatan praktik, dari bahan aluminium ukuran Ø75mm jumlah gigi 23 buah, menggunakan modul 3 nomor 4, dan roda gigi lurus ukuran Ø60mm dengan jumlah gigi 18 buah, menggunakan modul 3 nomor 3.

Selain roda gigi lurus yang dibuat, kegiatan PKM ini juga menghasilkan *job sheet* yang dapat digunakan sebagai panduan proses pembelajaran praktik kepada mahasiswa untuk mata kuliah praktik teknologi mekanik pada kerja frais, serta menghasilkan 2 buah roda gigi lurus yang dibuat peserta secara bersama-sama untuk dijadikan contoh bentuk roda gigi lurus.

REFERENSI

- [1] d. Jati Utomo Dwi Hatmoko, Revolusi Industri 4.0 Perspektif Teknologi, Yogyakarta: Andi, 2021.
- [2] Direktorat Statistik Industri, Perkembangan Indeks Produksi Industri Manufaktur 2023, vol. 13, Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2024.
- [3] Direktorat Statistik Industri, Perkembangan Indeks Produksi Industri Manufaktur 2024, vol. 14, Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2025.
- [4] Schaublin S.A., Service Instructions Schaublin 13, Bevilard Suisse: Fabrque De Machines Schaublin S.A., 1978.
- [5] e. a. Robert L. Mott, Machine Elements In Mechanical Design Sixth Edition, United States of America: Pearson Education, Inc, 2004.
- [6] H. J. a. E. Scharkus, Wastermann Tables For The Metal Trade, New Delhi: New age international, 2006.
- [7] J. e. a. Burmester, Rechenbuch Metall, Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel, 2020.
- [8] D. Daryanto, Mesin Perkakas Bengkel, Jakarta: PT.RINEKA CIPTA, 1996.
- [9] M. A. Syamsir, Dasar-dasar Perancangan Perkakas dan Mesin-mesin Perkakas, Jakarta: CV. Rajawali, 1986.
- [10] d. Wirawan sumbodo, Teknik Produksi Mesin Industri Jilid II, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.