



SNTTM XII

seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin

Support by:



Sponsored by:



SPONSOR DAN ORGANISASI PENDUKUNG



PT. SWEET INDOLAMPUNG
PERKERJAAN TEBU DAN FABRIK GULA



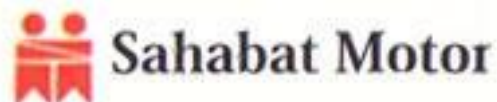
pt. Gula Putih Mataram
PERKERJAAN TEBU DAN FABRIK GULA



PT. INDOLAMPUNG PERKASA
PERKERJAAN TEBU DAN FABRIK GULA



PT. INDOLAMPUNG DISTILLERY
ETHANOL PLANT



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan doa syukur kepada Allah SWT, telah diterbitkan buku prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII).

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII) menyajikan makalah yang berkualitas yang berasal dari tulisan peneliti dari seluruh Indonesia. Makalah yang dipresentasikan dalam seminar ini meliputi lima konsentrasi teknik mesin yaitu konversi energi 86 makalah, material 54 makalah, kontruksi 50 makalah dan produksi 29 makalah serta pendidikan teknik mesin, 3 makalah.

Pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII) terdapat makalah tambahan berbahasa inggris dari sesi internasional sebanyak 32 makalah yang pesertanya adalah peserta nasional dan peserta dari Jepang Society of Mechanical Engineering (JSME). Adanya sesi internasional ini diharapkan sebagai sarana berbagi ilmu dan diskusi antara anggota Badan Kerjasama Teknik Mesin Indonesia (BKSTM) dengan JSME.

Makalah-makalah dalam proceeding ini diharapkan menjadi masukan bagi para peneliti akademisi, industri dan praktisi untuk perkembangan penelitian terkini dalam bidang teknik mesin dan hasilnya dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia. Untuk para penulis agar berkenan untuk terus mempublikasikan hasil penelitian yang berkualitas pada seminar-seminar SNTTM yang akan datang.

REDAKSI

PANITIA PELAKSANA

Penanggung Jawab:

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA
(*Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung*)

Harmen, S.T., M.T
(*Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung*)

PANITIA KEGIATAN

Pengarah : Sekjen BKSTM
: Prof. Dr-Ing Mulyadi Bur
: Ketua Jurusan/Departemen/Program Studi Teknik Mesin dalam
BKSTM se-Indonesia

Ketua Pelaksana : Dr. Amrizal, S.T., M.T.

Ketua I : Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T
(*Koordinator pelaksana Musyawarah BKSTM*)

Ketua II : Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.
(*Koordinator pelaksana SNTTM*)

Ketua III : Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.
(*Koordinator Pelaksana Lomba Rancang Bangun*)

Bendahara : Novri Tanti, S.T., M.T.

Sekretaris : A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Sc.

Bidang Acara : Dr. Asnawi Lubis, S.T., M.Sc. (*Koordinator*)
Dr. M. Badaruddin, S.T., M.T.
Rabiah Surrianingsih
Dimas Rizky H
Nur Sai'in
Opi Sumardi
Tri Susanto
Yudi Setiawan
Eko Wahyu
Dedi Triyadi
Masagus Imran
Baron Hariyanto

Dedek Lamputra S

- Pendanaan : Ir. Arinal Hamni, M.T. (*Koordinator*)
Dr. Eng. Suryadiwansa, S.T., M.T.
Ir. Herry Wardono, M.Sc.
Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T.
Cecep Tarmansyah
- Publikasi : M. Dyan Susila, S.T., M.Eng (*Koordinator*)
Martinus, S.T., M.Sc.
Rudolf S., S.T., M.T.
Ramli
Liwanson Jaya S
- Sekretariat&Humas : Ahmad Su'udi, S.T., M.T. (*Koordinator*)
Ahmad Yahya, S.T., M.T.
Harnowo, S.T., M.T.
Dwi Novriadi
Prancana M Riyadi
Fariz Basef
Jati Wahyu
Wafda Nadira
Galih Koritawa Purnomo
Yudi Setiawan
Dedi Triyadi
- Akomodasi : Tarkono, S.T., M.T. (*Koordinator*)
Zulhanif, S.T., M.T.
Agus Sugiri, S.T., M.Eng.
Nafrizal, S.T., M.T
Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T
Dwi Andri Wibowo
Tri Susanto
Ramli
Galih Koritawa P
Dedek Lamputra S
Syarief Fathur Rohman
Chikal Noviansyah
Rahmat Dani
M zen Syarif
Dika Akut Y
Andicha Aulia
Dadang Hidayat

Nanang Trimono

Lomba Rancang Bangun: Yayang Rusdiana (koordinator)
Yulian Nugraha
Maulana Efendi
Rizky Dwi Printo
Muhammad Rifai
Yayang Rusdiana
Ali Mustofa
Akomodasi
Panji Mario Leksono
Stefanus D.P
Hotman Hutagalung
Feri Fariza
Ivan Safalas

Musyawaharah Nasional: Rahmat dani (Koordinator)
Dedi Triyadi
Nur'saiin
Opi Sumardi
M Zen Syarif
Liwanson Jaya S
Ali Mustofa

REVIEWERS

1. Prof. Dr. Ing. Harwin Saptohadi (Teknik Mesin UGM)
2. Prof. Dr. Yatna Yuwana Martawirya (Teknik Mesin ITB)
3. Prof. Dr. Jamasri (Teknik Mesin UGM)
4. Prof. Dr. Sulistijono (Teknik Mesin ITS)
5. Prof. Dr. Komang Bagiasna (Teknik Mesin ITB)
6. Prof. Dr. Ing. Mulyadi Bur (Teknik Mesin UNAND)
7. Prof. Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng. (Teknik Mesin UI)
8. Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, ST. MT (UNILA)
9. Dr. Eng. Shirley Savetlana, ST. M.Met (UNILA)
10. Dr. Asnawi Lubis (UNILA)
11. Ir. Herry Wardono, M.Sc. (UNILA)

TOPIK SEMINAR NASIONAL

Tema Kegiatan :Peran Riset Teknik Mesin dalam Membangun Daya Saing dan Kemandirian Bangsa. Bidang Teknik Mesin sebagai salah satu pilar pengembangan teknologi terapan, memainkan peran penting dalam pengembangan dan pengelolaan sumber daya alam Indonesia. Untuk itu dituntut peran nyata bidang ini dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berguna bagi masyarakat luas yang terangkum dalam bidang-bidang kajian:

- Konversi Energi
- Manufaktur
- Konstruksi dan Perancangan
- Material
- Pendidikan Teknik Mesin

KEYNOTE SPEAKERS

1. Prof. Hiroomi Homma (Toyohashi University Technology of Japan)
2. Prof. Dr. Erry Yulian T. Andesta, IPM, CEng, (International Islamic University Malaysia).
3. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Prof. Dr. IGN Wiratmaja Puja)

DAY-2: 24 October 2013 ROOM VI

No	WAKTU	PEMAKALAH	JUDUL
1	08:00 - 08:15	Ismoyo Haryanto, Rusnaldy, Prasetyo Adi Prabowo, Achmad Widodo, dan Toni Prahasto	Simulasi Numerik Perilaku Tumbukan Pelat Baja Terhadap Berbagai Konfigurasi Proyektif
2	08:15 - 08:30	Joko Sarwono Utoyo, Tachli Supriyadi, dan Gatot Eka Pramono	ANALISIS UMUR PAKAI HILECAL GEAR PADA SISTEM SPEEDOMETER KENDARAAN RODA DUA MATERIAL ACETAL RESIN
3	08:30 - 08:45	Joko Sarwono Utoyo, Tachli Supriyadi, dan Gatot Eka Pramono	ANALISIS PENGARUH CACAT PIN HOLE TERHADAP LAJU KOROSI PADA PELAPISAN ELECTRODISPOSITION COATING MATERIAL EZDA 3
4	08:45 - 09:00	Jon Affi, Febriyadi, Dedison Gasni, dan Zulkifli Amin	Penggunaan Gas Argon sebagai Pelindung Proses pada "Free Vacuum Diffusion Bonding". Studi Kasus Sambungan Aluminium Al 5052 dan Tembaga Murni Komersil
5	09:00 - 09:15	Kristomus Boimau, Jamasri, dan Verdy A. Koehuan	Pengaruh Lingkungan Terhadap Sifat Tarik dan Bending Komposit Serat Glass
6	09:15 - 09:30	Kusmono	Penyerapan air dan uji toksisitas komposit Bis-GMA/TEGMA/Clay sebagai material tambal gigi
7	09:30 - 09:45	Mahlina Ekawati	Analisis Kecepatan Propagasi Retak Pipa Distribusi Bahan Bakar Minyak dalam lingkungan Korosif
8	09:45 - 10:00	Muhammad Budi Nur Rahman dan Aris Widyo Nugroho	Pengaruh Tegangan Listrik Pada Proses Pelapisan Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan, Kekerasan dan Laju Korosi Baja HQ760 di Lingkungan Air Laut
	10:00 - 10:30	BREAK	
9	10:30 - 10:45	Muhammad Iqbal, Bakri, dan Irfan ³	Analisis Sifat Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah dengan Proses Pack Carburizing Media Arang Kayu Asam
10	10:45 - 11:00	Onny S Sutresman dan Thomas Tjandinegara	PENERAPAN SIMULASI NUMERIK PENENTUAN DEFLEKSI PADA PROFIL HS- 75
11	11:00 - 11:15	Priyo Tri Iswanto	Pengaruh Implantasi Ion Titanium Nitrida dan Ion Nitrogen Terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Material Axial Ball Bearing MRK 51104
12	11:15 - 11:30	Reny Afriany, Kusmono, dan R. Soekrisno	Pengaruh Jenis Larutan, Kuat Arus dan Waktu Pelapisan Nikel pada Aluminium terhadap Kekerasan

13	11:30 - 11:45	Rusnaldy, Ismoyo Haryanto, Binar Ade Nugraha, Ahmad Zaedun, Achmad Widodo, dan Berkah Fajar	Studi Awal Ketahanan Balistik pada Lembaran Baja
14	11:45 - 12:00	S. Fonna, J. Supardi, R. Suvera, S. Huzni, dan M. Ridha	Pengaruh Lokasi Eksposur dari Garis Pantai terhadap Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi
	12:00 - 13:00	BREAK	
15	13:00 - 13:15	Sahlan	ANALISIS STRIASI DAN CREEP SUDU TURBIN GAS PLTGU MUARA TAWAR UNIT II
16	13:15 - 13:30	Sahlan	ANALISIS ABRASIF TUBE DINDING BOILER PLTU TARAHAN
17	13:30 - 13:45	Sri Candrabakty, Leo Soemardji, Bakri, Anwar Badaruddin, Sadri, dan Zulkifli	Analisis kekuatan tarik dan lentur pada komposit epoxy resin/serat batang melinjo dan polyester/serat batang melinjo untuk aplikasi komponen otomotif
18	13:45 - 14:00	Subarmono	PEMBUATAN PISTON SECARA HOT PREESING (POWDER METALLURGY)
19	14:00 - 14:15	Sudarisman, Muh. Budi Nur Rahman, dan Irvan M. Ishaq	Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Diameter Sserat Terhadap Kuat Geser Rekatan pada Antar-muka Serat Sabut KelapaPoliester
20	14:15 - 14:30	Sulaiman Thalib, Husni, dan Samsul Rizal	PERILAKU MORFOLOGY KOMPOSIT POLIESTER/SERAT BUAH RUBEK (CALOTROPIS GIGANTEA)
21	14:30 - 14:45	Sunaryo, Gatot Prayogo, Sri Lestari Maharani, dan Gerry Liston Putra	Analisis Kekuatan Lambung Kapal Bermaterial Komposit Yang Dibuat Menggunakan Metode VARTM
22	14:45 - 15:00	Sumadi dan Yoserizal Geneng	ANALISA KERUSAKAN SURFACE RUBBER COVER PRESS ROLL PADA MESIN PRINTING TYPE CONTINUOS
23	15:00 - 15:15	Triyono dan Yustiasih Purwaningrum	Model Kegagalan Sambungan Las Titik (Resistance Spot Welding) Material Baja Tahan Karat
24	15:15 - 15:30	Tumpal Ojahan R dan Pratiwi D K	KAJIAN PROSES EKSTRAKSI SERAT BATANG PISANG KEPOK SEBAGAI FIBER DENGAN MATRIKS RECYCLED POLYPROPYLENE (RPP) MATERIAL KOMPOSIT
	15:30 - 16:00	CLOSING CEREMONY	

DAY 2: 24 OCTOBER 2013 ROOM VII

No	WAKTU	PEMAKALAH	JUDUL
1	08:00 - 08:15	Norman Iskandar, Rusnaldy, dan Ismoyo Haryanto	Pengaruh Tingkat Keausan Cetakan Pada Performa Proses Cold Upsetting untuk Pembuatan Miniatur Produk

2	08:15 - 08:30	Rachmad Hartono, Sugiharto, dan Gatot Santoso	Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Gerak Pellet Jenis Fortable dengan Mikrokontroller Sebagai Pengukur Selang Waktu Pencapaian Dua Posisi Pelet
3	08:30 - 08:45	Sally Cahyati, Triyono, M Sjahrul Annas, A.Sumpena	Pengaruh Perubahan Parameter Pemesinan Terhadap Surface Roughness Produk Pada Proses Pemesinan dengan Single Cutting Tool
4	08:45 - 09:00	Sigit Yoewono dan Agung Kaswadi	Perbandingan Sistem Pendingin Konvensional dan Konformal pada Proses Cetak Injeksi
5	09:00 - 09:15	Sri Raharno, Yatna Yuwana Martawirya, dan Jeffry Aditya Cipta Wijaya	Perancangan Ulang Proses Manufaktur Komponen Collar Decomp pada Sepeda Motor
6	09:15 - 09:30	Susilo Adi Widyanto, David Siahaan, Achmad Widodo, dan Sri Nugroho	KORELASI KEKASARAN PERMUKAAAN PRODUK PEMOTONGAN DENGAN FAKTOR REDAMAN STRUKTUR MESIN PERKAKAS
7	09:30 - 09:45	Tono Sukarnoto, Carmen, dan Soeharsono	OTOMASI SISTEM DISTRIBUSI PRODUK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGICS CONTROLLER
8	09:45 - 10:00		
	10:00 - 10:30	BREAK	
9	10:30 - 10:45		
10	10:45 - 11:00		
11	11:00 - 11:15		
12	11:15 - 11:30		
13	11:30 - 11:45		
14	11:45 - 12:00		
	12:00 - 13:00	LUNCH BREAK	
15	13:00 - 13:15		
16	13:15 - 13:30		
17	13:30 - 13:45		
18	13:45 - 14:00		
19	14:00 - 14:15		
20	14:15 - 14:30		
21	14:30 - 14:45		
22	14:45 - 15:00		
23	15:00 - 15:15		
24	15:15 - 15:30		
	15:30 - 16:00	CLOSING CEREMONY	

Korelasi Kekasaran Permukaan Produk Pemotongan Dengan Faktor Redaman Struktur Mesin Perkakas

Susilo Adi Widyanto, David Siahaan, Achmad Widodo, Sri Nugroho

Jurusan Teknik Mesin Undip, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudarto SH, Tembalang, Semarang
Email : susilo70@yahoo.com

Abstrak

Tuntutan kualitas, produktivitas dan efisiensi produksi mendorong industri menerapkan proses produksi terotomasi. Demikian halnya dalam proses pemesinan, penggunaan mesin-mesin CNC telah terbukti mampu memberikan dampak yang besar pada perkembangan industri manufaktur. Untuk menghasilkan mesin perkakas CNC murah, berbagai upaya dilakukan baik dari sistem mekanis maupun sistem kendalinya. Penggunaan bahan baku alternatif yang murah dan mudah dibuat berpeluang besar pada penurunan ongkos produksi mesin perkakas, karena berdasarkan analisis ongkos produksinya, 80% harga mesin perkakas CNC ditentukan oleh ongkos produksi struktur utama mesin (Kushnir and Sheehan, 2003). Paper ini mengusulkan penggunaan kayu sebagai bahan struktur utama mesin milling CNC.

Desain prototipe mesin menggunakan bahan kayu sebagai struktur utama mesin milling dimana dimensinya mengacu pada mesin milling berbahan besi cor produksi satu pabrikan yang sudah ada. Lintasan lurus prototipe mesin terbuat dari bahan baja profil yang dibaut dengan struktur kayu. Sebelum diuji pemotongan, mesin diuji getaran untuk menghitung faktor redaman struktur. Accelerometer diletakkan pada meja mesin sedangkan stimulasi gaya diberikan pada pahat end mill. Uji pemotongan dilakukan dengan variasi kecepatan makan (20, 50 dan 80 mm/min) dan kedalaman potong (0,2; 1,2; 1,3 dan 1,65 mm). Pengukuran faktor redaman dan uji pemotongan juga dilakukan pada mesin milling besi cor. Hasil pengujian kedua mesin dibandingkan.

Hasil pengujian getaran menunjukkan bahwa faktor redaman prototipe mesin kayu lebih rendah dibandingkan mesin milling besi cor, yaitu 0,0416 dan 0,0642 (faktor redaman rata-rata). Dari hasil pengujian faktor redaman pada dua posisi yang berbeda diperoleh bahwa harga faktor redaman mesin kayu pada masing-masing posisi menunjukkan perbedaan yang relatif besar, yaitu 0,0436 dan 0,0397. Hal ini menunjukkan bahwa harga faktor redaman ditentukan oleh kondisi struktur antara accelerometer dengan ujung pahat termasuk didalamnya kondisi sambungan antar sumbu gerak terutama pada bidang kontak lintasan lurus. Hasil pengujian kekasaran permukaan produk pemotongan dengan variasi kecepatan makan dan kedalaman potong antara prototipe mesin kayu dan mesin besi cor menunjukkan kecenderungan yang sama, tetapi pengaruh dua parameter pemotongan tersebut pada prototipe mesin kayu lebih besar dibandingkan mesin besi cor. Permukaan produk yang dihasilkan oleh mesin kayu lebih kasar dibandingkan produk mesin besi cor. Kondisi kekasaran permukaan produk dipengaruhi oleh faktor posisi pemotongan terhadap mekanisme kedudukan *bearing leadscrew*.

Kata kunci: struktur kayu, mesin perkakas cnc, kekakuan, peredaman getaran, perilaku dinamik.

PENDAHULUAN

Dalam desainnya, struktur mesin perkakas harus memenuhi kriteria kekakuan dan kemampuan peredaman getaran. Mangacu pada pertimbangan tersebut, konstruksi mesin perkakas pada umumnya sangat kokoh dan terbuat dari bahan-bahan yang memiliki kemampuan peredaman getaran yang baik seperti bahan besi cor. Dari perhitungan ongkos produksinya, 80 % harga mesin perkakas ditentukan oleh ongkos produksi struktur mekaniknya (Kushnir and Sheehan, 2003). Dengan memodifikasi bahan

yang mudah diperoleh dan mudah dibuat akan mampu menurunkan ongkos produksi mesin perkakas CNC secara signifikan. Salah satu bahan tersebut adalah kayu. Beberapa jenis kayu memiliki sifat mekanis yang sangat baik, sekalipun kayu bersifat orthotropic.

Beberapa bahan lain telah diteliti dalam penggunaannya sebagai struktur utama mesin perkakas, antara lain dilakukan oleh Roysarkar dan Banerjee (2003) yang mengembangkan penggunaan *Epoxy Concrete*. Penelitian lainnya dilakukan oleh

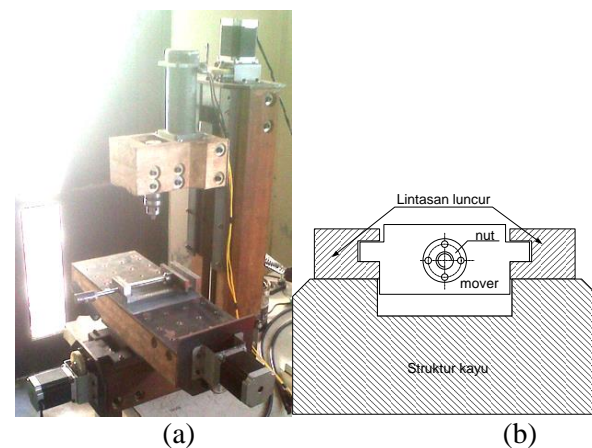
Ping dan Hua (2008) dengan menggunakan material *steel-fibber Polymer Concrete (SFPC)*. Penelitian mereka ditujukan untuk menganalisis unjuk kerja statik, dinamik dan termal bahan SFPC. Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa bahan SFPC lebih bagus dibandingkan besi cor pada unjuk kerja dinamik dan termal. Untuk mengoptimasi kekakuan struktur mesin perkakas, Nakaminami dkk menginvestigasi metode perancangan struktur untuk mesin perkakas multi aksis. Mereka menganalisis kekakuan statik dan dinamik juga ketelitian gerakan struktur mesin secara teoritis menggunakan FEM. Dari hasil penelitian tersebut ditemukan bahwa penggunaan struktur kotak di dalam kotak menghasilkan ketelitian dan produktivitas terbaik untuk aplikasi struktur mesin perkakas multi aksis.

Untuk meningkatkan kekakuan dinamik struktur mesin perkakas, Koci (2003) mengusulkan pengujian karakteristik dinamik mesin perkakas, sedangkan Harm (2006) mengembangkan konsep analisis nodal untuk memperoleh modus frekuensi getar yang terjadi pada saat mesin dioperasikan. Alexander dkk (2003) memperkenalkan konsep internal *damping device* untuk meredam getaran mesin perkakas. Mereka menggunakan suatu internal beam yang dilindungi cairan yang diletakkan di dalam struktur mesin. Lee dkk (2004) merancang struktur high speed milling machine yang menggunakan bahan *reinforced composite*. Selain mampu menurunkan bobot mesin sekitar 30%, kemampuan peredaman getaran meningkat dari 1,5 sampai 5,7 tanpa mengurangi kekakuannya. Sedangkan ketepatan pemosisian meningkat menjadi 0,5 μm untuk gerakan sejauh 300 mm. Yasunori dkk (2004) meningkatkan kapasitas peredaman struktur mesin perkakas dengan menggunakan *balls packing*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa ukuran bola merupakan faktor penting dalam struktur tersebut.

Paper ini membahas penggunaan bahan kayu sebagai struktur utama mesin perkakas. Lintasan lurus tiap sumbu gerak terbuat dari bahan baja karbon rendah (ST-37) yang dibaut dengan struktur kayu. Struktur mesin perkakas berbahan kayu diuji faktor redamannya dan kemudian digunakan untuk uji pemotongan. Prosedur serupa juga diterapkan pada mesin milling berstruktur besi cor yang berdimensi sama dengan mesin milling prototipe. Hasil pengujian pemotongan kedua mesin dibandingkan untuk memperoleh korelasi empiris antara faktor redaman dan kualitas permukaan produk pemesinan.

METODE PENELITIAN

Rancang bangun prototipe mesin milling CNC berbahan kayu didasarkan pada konstruksi mesin milling yang sudah ada berbahan besi cor. Struktur utama prototipe mesin milling terbuat dari bahan kayu bengkirai (*Shorea laevis*) dengan perlakuan awal berupa proses pengeringan pada temperatur 45°C hingga tingkat kelembaban mencapai 17%. Konstruksi lintasan lurus terbuat dari bahan baja profil (ST-37) yang disambung baut dengan struktur kayu tersebut. Dudukan motor dan dudukan sistem bantalan *leadscrew* terbuat dari bahan baja plat yang dibaut dengan struktur kayu. Sedangkan dudukan nut terbuat dari bahan nylon sekaligus sebagai konstruksi mover dalam sistem gerak tiap sumbu. Geometri prototipe mesin milling dan konstruksi mekanisme geraknya ditunjukkan dalam Gambar 1.

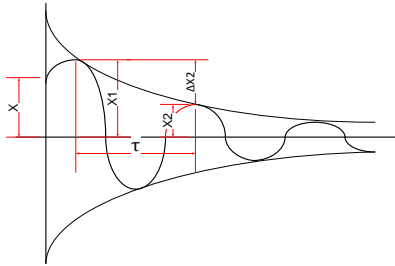


Gambar 1. a. Prototipe mesin milling berbahan kayu, b. Konstruksi mekanisme gerak tiap sumbu gerak mesin

Pengujian Faktor Redaman Struktur Mesin

Sebelum dilakukan uji getaran dan pemotongan, prototipe mesin milling kayu diuji ketelitian geometris berdasarkan standar Schlesinger (1978). Faktor redaman sistem mekanis mesin diuji pada dua posisi relatif pahat terhadap meja dengan menggerakkan ketiga sumbu gerak mesin. Pengujian getaran pada masing-masing posisi dilakukan sebanyak 5 kali. Contoh hasil pengukuran getaran seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Berdasarkan data hasil pengukuran tersebut, faktor redaman dihitung dengan mencari harga logaritma dekremen (Persamaan 2) dan memasukkannya ke dalam persamaan faktor redaman (Persamaan 1). Setiap data pengukuran diambil tiga harga faktor redaman. Prosedur yang sama dilakukan untuk 5 pengukuran dalam satu posisi tersebut, sehingga akan diperoleh 15 data faktor redaman. Harga faktor redaman yang

mewakili tiap posisi merupakan harga faktor redaman rata-ratanya.

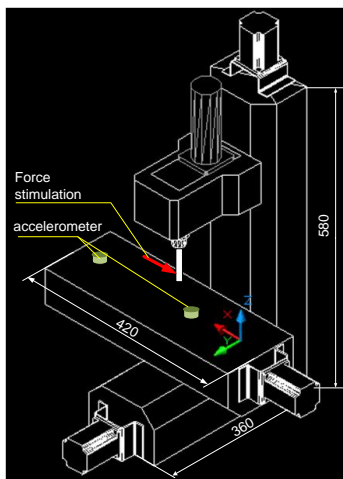


Gambar 2. Contoh hasil pengujian getaran yang merupakan bentuk getaran teredam.

$$\delta = \ln\left(\frac{X_1}{X_2}\right) = \ln(e^{\phi f \tau}) = \phi f \tau \dots \dots \dots (1)$$

$$\delta = \frac{2\pi\phi}{\sqrt{1-\phi^2}} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan prosedur yang sama, pengukuran faktor redaman juga dilakukan untuk mesin milling berstruktur besi cor. Set-up pengujian faktor redaman mesin milling seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Skema pengujian faktor redaman struktur mesin.

Pengujian pemotongan

Pengujian pemotongan menggunakan pahat end mill berdiameter 6 mm dengan empat mata potong pada pengaturan kecepatan potong 37.68 m/menit. Kecepatan makan divariasikan meliputi: 20, 50, 80 mm/menit, sedangkan kedalaman potong divariasikan 0,2; 1,2; 1,3 dan 1,65 mm. Raw material berupa paduan Al-Cu atau duralumin. Permukaan hasil pemotongan diuji kekasaran permukaannya dengan surface roughness tester. Prosedur pengujian pemotongan juga dilakukan pada mesin milling berbahan besi cor. Kekasaran permukaan hasil pemotongan kedua mesin, yang diwakili oleh harga

kekasaran rata-rata (Ra), dibandingkan sehingga diperoleh pengaruh faktor redaman getaran terhadap kondisi permukaan terpotong.

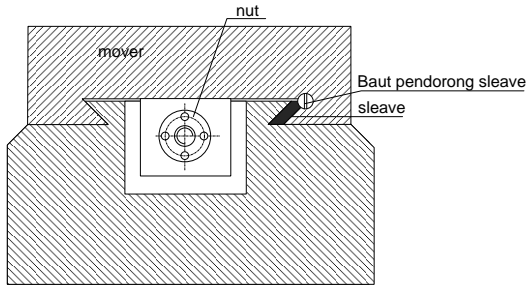
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Faktor redaman

Hasil pengujian getaran menunjukkan bahwa faktor redaman mesin milling berbahan besi cor lebih besar dibandingkan mesin milling berbahan kayu, yaitu 0,0642 dan 0,0416 (faktor redaman rata-rata). Dari hasil pengujian faktor redaman pada dua posisi yang berbeda diperoleh bahwa harga faktor redaman mesin kayu pada masing-masing posisi menunjukkan perbedaan yang mencolok, yaitu 0,0436 dan 0,0397. Perubahan posisi mesin perkakas menyebabkan perubahan kondisi sambungan antar komponen gerakanya baik untuk lintasan lurus maupun konstruksi ulir penggerakannya. Dari kondisi tersebut terlihat bahwa untuk tiap posisi (yang merupakan variasi posisi dari ketiga sumbu gerak mesin) akan menghasilkan harga faktor redaman yang berbeda-beda. Pada kondisi sambungan yang memungkinkan terjadinya celah (luas bidang kontak minimum) cenderung mereduksi dampak getaran yang terjadi pada komponen-komponen yang lebih jauh dari sumber getarannya (susunan komponen digambarkan dalam bentuk rangkaian serial).

Dari konstruksi lintasan lurus yang digunakan, prototipe mesin milling kayu menggunakan dua bidang gesek untuk menahan beban vertikal dan horisontal. Luasan bidang gesek pada tahanan gaya horisontal lebih kecil dibandingkan tahanan gaya vertikalnya. Komponen mover (dudukan nut) yang digunakan untuk menghubungkan dengan sumbu gerak lainnya terbuat dari bahan nylon dan pengaturan kondisi kontaknya dengan lintasan lurus menggunakan lubang slot.

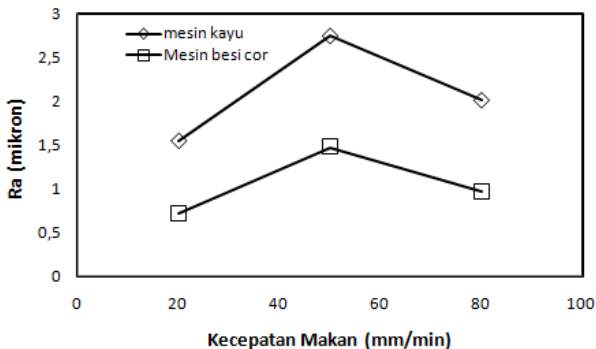
Faktor redaman mesin berbahan besi cor lebih baik dibandingkan faktor redaman mesin milling kayu. Hal tersebut tidak terlepas dari kontribusi luasnya bidang kontak pada sistem gerak terutama pada sistem lintasan lurus. Konstruksi lintasan lurus mesin berbahan besi cor menggunakan model ekor burung dengan proses grinding permukaan. Kondisi kontak antar permukaan antara mover dan lintasan lurus diatur dengan mekanisme sleeve. Konstruksi lintasan lurus mesin berbahan besi cor ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Konstruksi mekanisme gerak mesin milling dari bahan besi cor.

Hasil pengujian pemotongan

Kondisi kekasaran permukaan rata-rata untuk mesin milling kayu maupun mesin milling besi cor menunjukkan kecenderungan yang sama pada pemvariasian kecepatan makan (Gambar 5). Namun dari hasil pengukuran kondisi permukaan produk pemotongan, mesin milling kayu menghasilkan permukaan yang lebih kasar dibandingkan mesin milling besi cor.

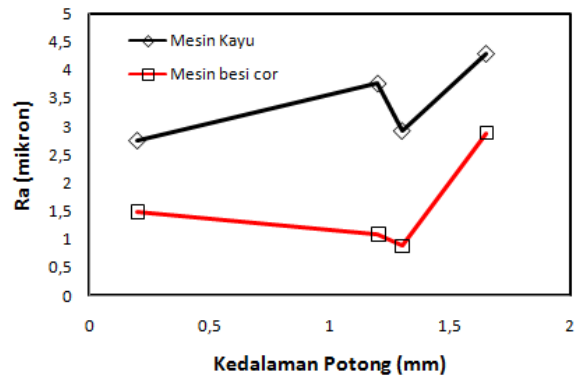


Gambar 5. Kondisi kekasaran permukaan produk pemotongan mesin kayu dan mesin besi cor pada variasi kecepatan makan (dept of cut = 0.2 mm, raw material duralumin).

Peningkatan harga kedalaman potong secara langsung akan meningkatkan gaya pemotongan yang terjadi sehingga kekasaran permukaan produk cenderung meningkat. Hal yang sama ditunjukkan dari kecenderungan grafik yang dihasilkan dari uji pemotongan. Berdasarkan analisis gaya pemotongan yang bekerja, benda kerja menerima gaya pemotongan yang dapat diuraikan menjadi tiga arah gaya, yaitu gaya aksial (sesumbu pahat-vertikal), gaya tangensial dan gaya arah pemakanan. Gaya aksial pahat dipengaruhi oleh sudut helikal pahat yang akan menghasilkan gaya normal pada permukaan gesek lintasan lurus yang berperan dalam menstabilkan gerakan. Gaya arah tangensial menyebabkan gerakan rotasi meja yang dampaknya

tidak signifikan terhadap kekasaran permukaan, sedangkan gaya yang bekerja pada arah pemakanan, kondisinya ditentukan oleh ketelitian geometri ulir penggerak (*leadscrew*) termasuk *backlash*.

Kekasaran permukaan terpotong yang dihasilkan mesin kayu lebih besar dibandingkan mesin milling besi cor pada variasi kedalaman potong (Gambar 6). Kondisi kekasaran permukaan produk hasil pemotongan mesin kayu dominan disebabkan oleh aspek kondisi permukaan lintasan lurus dan ketidaktelitian gerakan sistem ulir penggerak. Dengan konstruksi lintasan lurus Gambar 1, luas bidang kontak antara permukaan gesek lintasan lurus dengan dukungan nut secara langsung berdampak pada kesalahan dimensi arah vertikal dan horisontal. Kesalahan dimensi arah vertikal berdampak langsung pada kondisi kekasaran permukaan produk pemotongan.

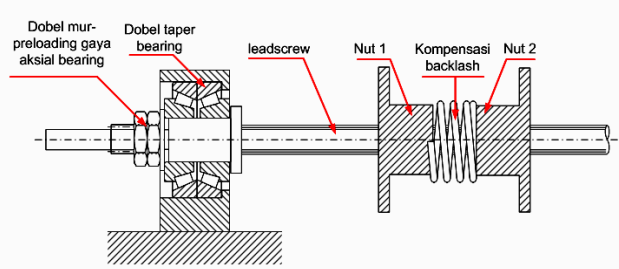


Gambar 6. Kondisi permukaan produk pemotongan mesin kayu dan mesin besi cor pada variasi kedalaman potong (*feeding speed* of 50 mm/min, raw material of duralumin)

Hasil pengujian kekasaran permukaan produk juga menunjukkan bahwa arah pemotongan mesin milling kayu berpengaruh pada kualitas permukaan produk. Untuk kedalaman potong 1,2 mm, pada arah X positif kekasaran permukaan produk adalah 3,224 mikron, sedangkan pada arah X negatif kekasaran permukaan produk adalah 3,707. Ketidak-konsistenan kekasaran permukaan produk pemotongan disebabkan oleh masalah akurasi geometri antara lintasan lurus dengan mover serta akibat kondisi kekakuan aksial ulir penggerak. Akibat kontur permukaan bidang gesek antara lintasan lurus dan mover yang relatif kasar menyebabkan pola gerakan mover yang tidak konsisten pada arah maju dan mundur.

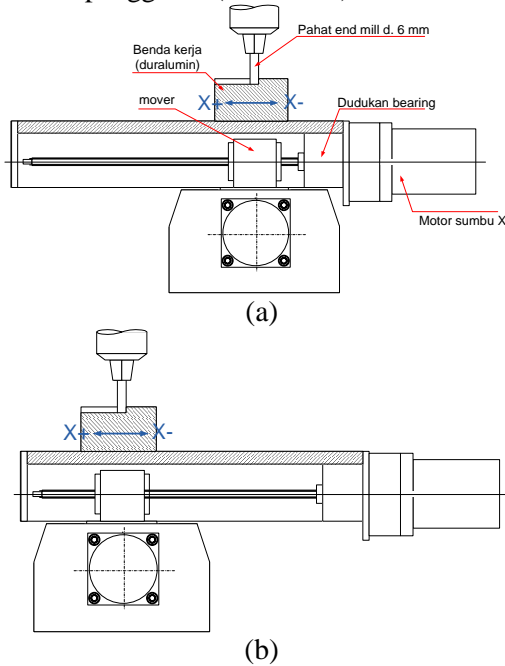
Untuk memastikan pengaruh kekakuan aksial konstruksi ulir penggerak pada kualitas permukaan produk, posisi pemotongan divariasikan menurut posisi relatifnya terhadap sistem dukungan bantalan.

Mesin milling kayu menggunakan sistem bantalan fixed-free (Gambar 7) dengan bentuk ulir segitiga hasil proses pengerolan.



Gambar 7. Sistem bantalan fixed-free untuk ulir penggerak.

Pada posisi pertama ragam diletakkan di atas meja mesin dengan posisi berdekatan dengan sistem dudukan bearing. Sedangkan posisi kedua ragam diletakkan pada ujung meja mesin yang berdekatan dengan ulir penggerak (Gambar 8).



Gambar 8. a. Posisi pemotongan dekat dengan dengan sistem dudukan bearing, b. Posisi pemotongan dekat dengan ujung ulir penggerak.

Hasil pengujian kekasaran menunjukkan bahwa posisi yang berdekatan dengan sistem dudukan bearing menghasilkan permukaan yang lebih halus dibandingkan permukaan yang dihasilkan oleh posisi di dekat ujung ulir penggerak baik untuk arah X positif maupun X negatif (Tabel 1). Berdasarkan analisis gaya-gaya yang bekerja pada ulir penggerak, gaya pemakanan membebani ulir penggerak sejajar dengan sumbunya. Sedangkan arah gaya pemotongan yang lain ditahan oleh sistem lintasan luncur. Pada arah pemakanan X positif, ulir penggerak mengalami

beban tekan, sedangkan pada arah X negatif ulir penggerak mengalami beban tarik.

Tabel 1. Kekasaran Permukaan Produk Pemotongan Pada Variasi Posisi Pemotongan dan Arah Pemotongan (Kedalaman potong = 0,5 mm)

Posisi Pemotongan	Arah Pemotongan	
	X+	X-
Dekat dudukan bearing	1,818	2,387
Dekat ujung ulir penggerak	3,015	2,717

Kondisi kekakuan aksial ulir penggerak pada dua posisi pemotongan tersebut berbeda, dimana posisi yang berdekatan dengan dudukan sistem bearing menghasilkan kekakuan aksial yang lebih besar. Untuk sistem dudukan bearing model fixed-free (Gambar 8), kekakuan aksial ulir penggerak berbanding terbalik terhadap posisi sistem dudukan bearing seperti ditunjukkan dalam Persamaan (3).

$$K_s = \frac{A \cdot E}{1000 \cdot L} \dots\dots\dots(3)$$

A : luas penampang poros ulir (mm²)

d1 : diameter minor pros ulir (mm)

E : Modulus Young (2.06x10⁵ N/mm²)

L : jarak antara dua permukaan dudukan bantalan (mm)

KESIMPULAN

Faktor redaman mesin milling kayu lebih rendah dibandingkan mesin milling berbahan besi cor. Kondisi tersebut berpengaruh pada kualitas permukaan produk pemotongan yang dihasilkan. Permukaan produk hasil pemotongan mesin milling kayu dengan variasi *feeding speed* dan kedalaman potong lebih kasar dibandingkan mesin milling besi cor. Namun rendahnya kualitas permukaan produk pemotongan tersebut bukan semata-mata hanya disebabkan oleh jenis strukturnya tetapi juga akibat pengaruh konstruksi sistem gerak mesin yang meliputi lintasan luncur dan ulir penggeraknya.

Pustaka

Alexander H. S, Eric R. M and Douglas H. S., 2003 , *A new damper design for machine tool structures: the replicated internal viscous damper*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA

Harms, A., 2006, "Increasing the dynamic stiffness of Machine tools by means of Modal Analysis", *Proceeding of Machine Tool Construction*

Conference 23th March 2006, Munich, Germany

- Koci, P., 2003, "Assessment of machine tool dynamic properties", *Acta Montanistica Slovaca* Vol 8, No 4
- Kushnir, E and Sheehan, T., 2003, "Development of machine tool structure at the early stages of design process", *Proceeding of ASME 2003 International Mechanical Engineering Congress and Exposition November 15-21 2003, Washington DC, USA*
- Lee, D. G, Suh, J. G., Kim, H. S and Kim, J. M., 2003," Design and manufacture of composite high speed machine tool structures", *Composites Science and Technology* ., 64 (2004) 1523–1530
- Nakaminami, M., Tokuma, T, Matsumoto, K, Sakashita, S., Moriwaki, T and Nakamoto, K., 2007," Optimal Structure Design Methodology for Compound Multiaxis Machine Tools ", *Int. J. of Automation Technology*, 1(2), 87.
- Ping, X and Hua, Y.U.Y., 2008, " Research on steel-fiber polymer concrete machine tool structure", *Journal of coal and engineering.*, 14(4)., pp 689-692
- Roysarkar, K. P and Banerjee., 2003," Designing Machine Tool Structures With Epoxy Concrete", *Buletin of Rapid prototyping and tolling group of Central Mechanical Engineering Research Institute, Durgapur-713 209.*
- Schlesinger, G., 1978., *Testing Machine Tools*, Pergamon Press in Oxford [Eng.], New York
- Yasunori, W., Masatoshi, H and Etsuo, M., 2004," The damping capacity improvement of machine tool structures by balls packing", *International Journal of Machine tools and Manufacture.*, 44., pp. 1527-1536

