RANCANG BANGUN PERLENGKAPAN MESIN CNC ROUTER 3-AXIS GUNA MENDUKUNG PRODUKSI INDUSTRI KREATIF

Suharto[1], Suryanto[2], Sarana[3], Sisworo[4], Indriyanto[5]
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang [1,2,4]
Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Semarang [3]
pakharto58@gmail.com[1] suryanto_smg@yahoo.com[2] sarpolines@gmail.com[3]

ABSTRACT

Creative industry is an industry derived from the utilization of skills, creativity, and individual talents in creating prosperity and employment. Creativity rooted in the use of the Router 3-axis CNC machine for the manufacture of art products from wood, acrylic, natural stone, marble stone is expected to improve the quality and productivity. Problem this research there are not yet machine equipment. Equipment such as vacuum cleaners / chips, cooling, clamping, and closing of the machine are needed to optimize the performance of CNC Router 3-axis machine. The research method begins with a preliminary study through literature studies and field studies to determine the current machine weakness. The next phase of designing and manufacturing 3-axis router machine equipment and the last stage to test the performance of machine equipment. The results showed that the test of vacuum cleaner / power chips 380 W, 1300 r / min, flexible hose size ø42 x 2600 able to suck dust / chip material waste of equal to 74,1%. The cooling test with dromus oil debit 0.033671 (liter / s) is able to give the best result compared to cooling with air media. Clamping job testing with clamping gives better performance than clamping with wood screws. Next testing of the machine encloser shows the result of Router 3-axis CNC machine from safety both when machine operation and are not used. Lighting illumination inside the machine encloser provides comfort during night machine operation.

Keywords: Equipment, Router 3-axis CNC machine, Savety

ABSTRAK

Industri kreatif merupakan industri yang berasal dari pemanfaatan keterampilan, kreatifitas, dan bakat individu dalam menciptakan kesejahteraan dan lapangan pekerjaan. Kreatifitas yang berakar dari penggunaan mesin CNC Router 3- axis untuk pembuatan produk seni dari bahan kayu, acrylic, batu alam, batu marmer diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan produktifitas. Permasalaha ada pada perlengkapan mesin belum ada. Perlengkapan seperti penyedot debu/chip, pendinginan, penjepitan, dan tutup mesin sangat dibutuhkan untuk mengoptimalkan kinerja mesin CNC Router 3-axis. Metode penelitian dimulai dengan studi pendahuluan melalui studi literatur dan studi lapangan untuk menentukan kelemahan mesin saat ini. Tahap berikutnya melakukan perancangan dan pembuatan perlengkapan mesin router 3-axis dan tahap terakhir melakukan pengujian kinerja perlengkapan mesin. Hasil penelitian menunjukkan pengujian penyedot debu/chip daya 380 W, 1300 r/min, ukuran slang fleksibel ø42 x 2600 mampu menghisap debu/chip material yang terbuang sebesar 74,1%. Pengujian pendingin dengan media dromus oil debit 0.033671 (liter/s) mampu memberikan hasil terbaik dibandingkan pendingin dengan media udara. Pengujian pencekaman benda kerja dengan *clamping* memberikan hasil pengerjaan lebih baik daripada penjepitan dengan skrup kayu. Pengujian tutup mesin menunjukkan hasil mesin CNC 3-axis tertutup dari keamanan baik saat pengoperasian mesin maupun tidak digunakan. Pemberian lampu penerangan di dalam tutup mesin memberikan kenyamanan saat pengoperasian mesin di malam hari.

Kata kunci: Perlengkapan, Mesin CNC Router 3-axis, Keamanaan

PENDAHULUAN

Perkembangan ipteks yang semakin pesat mendorong manusia untuk berfikir kreatif dalam melakukan inovasi. Produk-produk kreatif yang dibuat dengan cara manual

dapat diupayakan dengan mesin agar dapat meningkatkan kualitas dan produktifitas. Mesin CNC Router 3-axis dapat menghasilkan karya inovasi dalam pembuatan cap batik. (Suryanto,dkk. 2015). Industri kreatif memiliki pengertian yaitu industri yang berasal dari pemanfaatan keterampilan, kreatifitas, dan bakat individu dalam menciptakan kesejahteraan dan lapangan pekerjaan. Industri ini akan berfokus untuk memperdayakan daya cipta dan daya kreasi suatu individu. (*Departemen Perdagangan RI* :*2009*). Hal yang paling mendasar dari perkembangan ipteks adalah penggunaan teknologi CNC (*computer numerical control*) pada mesin-mesin produksi pada industri kreatif.

Mesin CNC router 3-Axis merupakan suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan dengan menggunakan huruf dan angka). Kegunaan mesin CNC ini sama seperti pada mesin frais konvensional pada umumnya tetapi gerakan mesin dapat dikendalikan melalui suatu program komputer. (Salam, A. Rohman. 2013) (Kristianto,2006) (Nanda Afrilyan,2015). Mesin CNC Router 3-axis hasil kegiatan program Hi-Link dikembangkan untuk meningkatkan kualitas cap batik dengan biaya murah melalui inovasi bahan-bahan alternatif seperti aluminium, kayu, acrylic (Suharto,dkk. 2016).

Frame	:	Steel, finishing with Powder Coating
Machine Dimension	:	1540 x 1005 x 1500 mm
Working area / Travel	:	600 x 400 x 150 mm
SpindleMotor	:	3 kW, 18000 rpm, Aircooled
Axis Drive	:	Stepper Motor (X :8.7 Nm, Y :8.7 Nm, Z :7.7 Nm)
Resolution	:	0.01 mm
Tool holder	:	Collet ER20, max tool diameter 13 mm
Power	:	AC 220V /50Hz, 3.5 kW
Komputer	:	Duakore, 2GB RAM, 15" Touchscreen LCD Monitor
Software	:	Mach3 CNC control (www.machsupport.com)

Gambar 1. Mesin CNC Router 3-axis sebelum pengembangan

Permasalahan dalam penelitian ini adalah kondisi mesin CNC *router 3-Axis* saat ini (1) *collant* atau pendingin yang digunakan adalah pendinginan udara akibatnya *cutting tools* cepat panas sehingga cutting tool berumur pendek; (2) *dust collector* atau penyedot debu atau chip material yang dibuang akibat proses pemesinan belum disediakan

sehingga debu/chip bertebaran disekitar *cutting tools* dan di sekitar mesin menjadi kotor berdebu; (3) penjepit atau pencekam benda kerja saat proses pemesinan digunakan landasan sebidang kayu dengan pengikat skrup sehingga penjepitan tidak kuat dan mudah bergeser akibatnya terjadi ketidaktelitian bahkan rusaknya produk yang dihasilkan maupun rusaknya *cutting tools*; (4) *Encloser* atau penutup mesin belum ada sehingga tingkat keamanan dan keselamatan operator yang dirasa kurang karena bentuk mesin yang terbuka tanpa adanya penutup.

Tujuan penelitian ini adalah untuk rancang bangun perlengkapan Mesin CNC Router 3-axis meliputi sistem pendingin *(collant),* penyedot debu/chip *(dust collector),* modifikasi meja mesin T-slot dengan klem penjepit, dan tutup mesin *(encloser)* untuk memberikan keamanan baik bagi operator, komponen elektronik, dan produk yang dibuat.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Rancang Bangun Perlengkapan Mesin Cnc *Router 3-Axis* guna Mendukung Produksi Industri Kreatif terdiri dari perancangan, pembuatan dan pengujian.

1. Perancangan, kegiatannya merancang tutup mesin (*enclosure*), sistem pendinginan *(coolant),* sistem penyedot debu (*dust collector*), dan sistem pencekaman *(clamping)* yang dapat menjawab permasalahan dan memberikan inovasi yang menyangkut nilai ekonomi dan ergonomi. Dengan mengemukakan alternantif desain, menentukan desain yang dipilih, dan menentukan dimensi dari desain yang akan dibuat.
2. Pembuatan, proses membuat tutup mesin (*enclosure*), sistem pendinginan, sistem penyedot debu (*dust collector*), dan sistem pencekaman sesuai dengan alternantif rancangan yang telah dipilih. Pembuatan mengacu pada gambar kerja komponen berdasarkan alternatif desain yang telah dipilih. Komponen standar diadakan melalui proses pembelian sesuai kebutuhan rancangan terpilih.
3. Pengujian; kegiatannya uji fungsi dan kinerja tutup mesin (*enclosure*), *coolant* atau sistem pendinginan, sistem penyedot debu (*dust collector*), dan *clamping*.
4. Iterasi; proses perbaikan pada langkah-langkah mundur untuk menghasilkan terbaik.

Lokasi, Waktu, Bahan, dan Peralatan

Tempat pelaksanaan perancancangan, pembuatan, dan pengujian fungsi dan kinerja dilakukan di Politeknik Negeri Semarang dan di CV. Retro Kreasi Machinery Semarang. Waktu pelaksanaan kegiatan berlangsung mulai bulan April sd Agustus 2017. Bahan yang digunakan antara lain Pipa persegi 20 x 20 x 1 (mm), pelat baja tebal 1.5 (mm); bahan acrylic. Peralatan yang digunakan antara lain mesin bubut, mesin las, kerja bangku, cat oven, dan gerinda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tutup Mesin *(Enclosure)*

Rancang bangun *Encloser* atau penutup mesin dilakukan dengan mengukur panjang, lebar, dan tinggi mesin CNC router bagian atas dengan memberikan ruang bebas untuk keperluan pengoperasian dan reparasi yang aman. Ukuran mesin awalnya 1540 x 1005 x 1500 (mm) menjadi 2200 x 2200 x 1600 (mm). Pemberian lampu LED di dalam ruang kerja menjadi terang karena ada cahaya dari lampu LED yang dipasang pada bagian atas. Bagian penyedot debu *(dust collector)* dan pendingin *(coolant)* disediakan lubang pada tutup mesin bagian bawah sehingga slang penyedot debu dan pendingin tertata dengan rapi dan aman. Dari beberapa desain 1, desain 2, dan desain 3 dipilih desain terbaik menurut pertimbangan praktisi dan akademisi melalui diskusi kelompok terfokus. Gambar: 2 ditunjukkan desain terpilih dan realisasinya, berikut ini.

(b) desain

(a) Hasil pembuatan

Gambar 2. Mesin CNC Router setelah Pengembangan

Tutup mesin didesain sedemikian rupa dengan fungsi untuk menambah tingkat keamanan kenyamanan bagi operator, keamanan terhadap benda kerja serta menjaga cipratan air *coolant* agar tidak keluar dari lingkup kerja mesin. Dengan *eclosure* atau tutup mesin ini juga memberikan jaminan kabel dan komponen elektronik aman terhadap gangguan luar, *Machine dimension* 2200 x 2200 x 1600 (mm).

Desain *enclosure* atau tutup mesin ini menggunakan sistem *knockdown* yang memungkinkan tutup mesin dari bahan acrylic ini mudah untuk di lepas ketika melakukan perawatan dan perbaikan secara berkala. *Enclosure* ini terbagi menjadi empat bagian yakni bagian depan, bagian belakang, bagian samping kanan, dan samping kiri dimana masing-masing bagian ini dapat dilepas sesuai kebutuhan. Pintu mesin terbuat dari akrilik bening yang dikombinasikan dengan frame besi dimana sistem buka tutupnya menggunakan engsel yang dipasang di atas pintu dan didukung menggunakan dua gas spring 1000 (newton) untuk meringankan membuka dan menutup pintu itu sendiri, hal ini memberikan fungsi pintu yang dapat mengunci saat ditutup meski tanpa menggunakan pengunci seperti halnya pintu bagasi mobil.

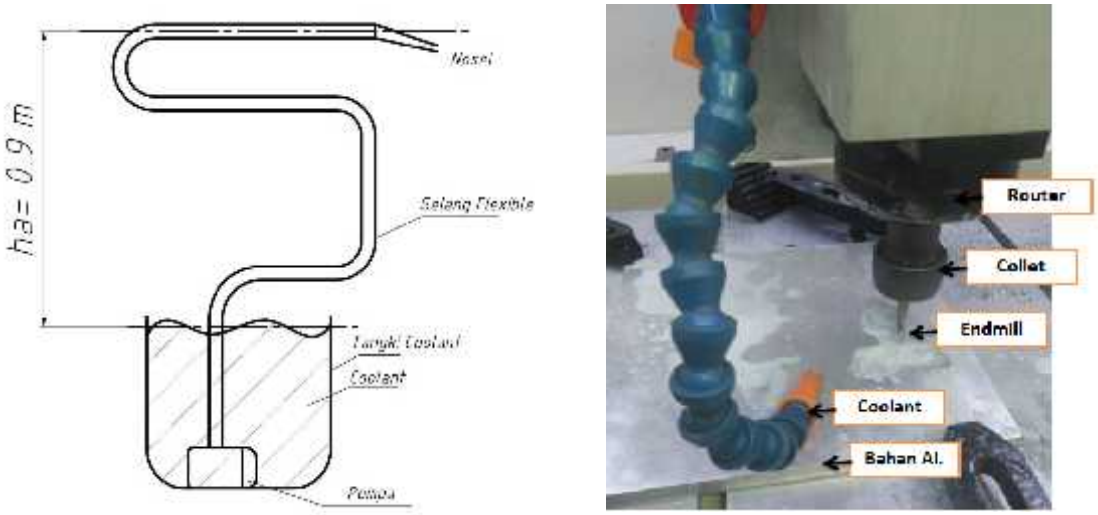
Keunggulan *enclosure* ini (1) menggunakan sistem *knockdown* yang memudahkan dalam melakukan *maintenance* berkala ; (2) Gaya yang digunakan untuk membuka pintu yang cukup kecil karena terdapat 2 (dua) gas spring kiri dan kanan; (3) Ruang mesin yang cukup lebar, memudahkan dalam memasang benda kerja; (4) Memiliki desain bentuk dan finishing *powder coating* yang menjual dengan estetika lebih baik; (5) Lampu LED dipasang untuk menerangi bagian dalam yang dilengkapi dengan sakelar on/off; (6) mencegah debu/chip material yang dibuang saat pemesinan keluar dari encloser sehingga sekitar mesin tidak kotor. Hal ini membuat hasil rancang bangun lebih baik dari kondisi mesin sebelumnya. (Suharto,dkk:2016)

2. Sistem pendinginan *(coolant)*

Sistem pendinginan (coolant) menggunakan jenis cairan yakni cairan *dromus l (semisynthetic fluids)* untuk beberapa alasan, antara lain : untuk memperpanjang umur pahat, mengurangi deformasi benda kerja karena panas, meningkatkan kualitas permukaan hasil pemesinan, dan membersihkan beram dari permukaan potong. Cairan pendingin yang digunakan dapat dikategorikan dalam empat jenis: *Straight Oils*

(Minyak murni); *Soluble Oils*; *Semisynthetic fluids* (Cairan semi sintetis); *Synthetic fluids* (Cairan sintetis)

Cara Pemberian cairan pendingin pada proses pemesinan Disemprotkan *(Jet Application of Fluid),* pada proses pendinginan dengan cara ini cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan (pertemuan antara pahat dan benda kerja yang terpotong). Sistem pendinginan benda kerja adalah dengan cara menampung cairan pendingin dalam suatu tangki yang dilengkapi dengan pompa yang dilengkapi filter pada pipa penyedotnya. Pipa keluar pompa disalurkan melalui pipa/selang yang berakhir di beberapa selang keluaran yang fleksibel (Gambar 3). Cairan pendingin yang sudah digunakan disaring dengan filter pada meja mesin kemudian dialirkan ke tangki *coolant* penampung.



(a) Instalasi pendingin (b) Nozel pendingin

Gambar 3. Sistem Pendingin *(Coolant)*

Pengaruh cairan pendingin pada proses pemesinan Cairan pendinginan pada proses pemesinan memiliki beberapa fungsi yaitu fungsi utama dan fungsi kedua. Fungsi utama yaitu fungsi yang dikehendaki oleh perencana proses pemesinan dan operator mesin perkakas. Fungsi kedua yaitu fungsi tak langsung yang menguntungkan dengan adanya penerapan cairan pendingin tersebut. Fungsi cairan pendingin tersebut adalah :

a) Fungsi utama dari cairan pendingin pada proses pemesinan adalah :
   - Melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah

- Mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi
- Membuang beram dari daerah pemotongan

b) Fungsi kedua cairan pendingin adalah :

- Melindungi permukaan yang disayat dari korosi
- Memudahkan pengambilan benda kerja, karena bagian yang panas telah didinginkan

Penerapan cairan pendingin pada proses pemesinan ternyata memberikan efek bagi proses pemesinan yaitu terhadap pahat dan benda kerja yang sedang dikerjakan. Pengaruh proses pemesinan menggunakan cairan pendingin yaitu :

- Memperpanjang umur pahat
- Mengurangi deformasi benda kerja karena panas
- Permukaan benda kerja menjadi lebih baik (halus) paa beberapa penerapannya
- Mengurangi penanganan beram

Jadi berdasarkan praktikum pengukuran debit aliran *coolant* yang mampu memberikan fungsi pendinginan baik telah dilakukan seperti tabel 1. Besarnya didapat debit yang terukur adalah 0.03367 [l/s]. Dikonversikan menjadi 0.000034 [m3/s] = 0.00204 [m3/min].

Tabel 1. Hasil Pengukuran Debit Aliran *Coolant*

Volume Gelas Ukur [liter]	Waktu [detik]	Debit [l/s]	Debit Rata-rata [l/s]
1.00833	30	0.03361	
1.01167	30	0.03372	0.03367
1.010	30	0.03367	

Cairan pendingin akan menurun kualitasnya sesuai dengan lamanya waktu pemakaian yang diakibatkan oleh pertumbuhan bakteri, kontaminasi dengan minyak pelumas yang lain, dan partikel kecil logam hasil proses pemesinan. Apabila perawatan rutin sudah tidak ekonomis lagi maka sebaiknya dibuang. Sistem pendinginan dengan cairan *(fluids)* memberikan hasil pendinginan lebih baik dibandingkan pendinginan udara sehingga lebih baik dari kondisi mesin sebelumnya. (Suharto, dkk:2016)

3. Sistem penyedot debu (*dust collector*)

Dust collector , penyedot debu atau chip hasil pemotongan pada proses pemesinan sangat diperlukan agar bersih lingkungan kerja dan meningkatkan kualitas pemotongan. Hasil uji kinerja sistem penyedot debu ini lebih baik dari kondisi mesin sebelumnya.

Gambar 4. *Dust Collector* Mesin CNC Router

Data *dust collector:*

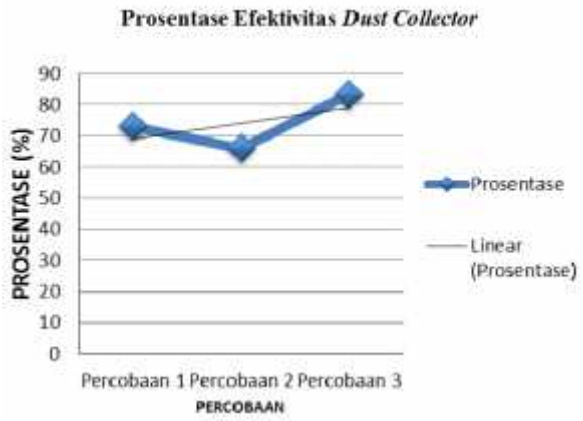
Spesifikasi Blower : 380 W, 1300 r/min

Selang *Dust Collector* : 2600 mm, ø42 mm, Fleksibel

Tangki *Dust Collector* : 60 liter

Tabel 2. Hasil pengujian *dust collector*

Percob	Massa Awal (G1) (gram)	Massa Akhir (G2) (gram)	ΔG (G1-G2)	Massa yang Terhisap	Prosentase efektifitas
1	500,33	485,44	14,89	10,87	73 %
2	428,34	402,86	25,48	16,81	66 %
3	474,52	461,25	13,27	11,07	83,4 %



Gambar 5. Prosentase Efektifitas *Dust Collector*

4. Sistem penjepitan *(Clamping)*

Besarnya torsi yang terjadi pada saat pemotongan dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan torsi pada clamping, dimana pemberian torsi pada clamping harus lebih besar dari torsi yang terjadi pada pemotongan.

Perhitungan Torsi Pemotongan: $F = \tau_g \; x \; A \; x \; g$ (Sularso, 1987)

Jadi torsi yang terjadi pada saat pemotongan sebesar 2,329 [Nm].

Pengukuran Torsi pada Klem, dalam hal ini diambil momen dari skala kunci momen sebesar 25 [kg.cm] = 0,25 [kg.m]

= 0,25 [kg.m] x 9,81 [m/s2]

= 2.452 [Nm]

Gambar 6. Pencekaman Benda Kerja

Dimana torsi yang diberikan baut lebih besar dari torsi pemotongan, dengan demikian maka torsi sebesar 25 [kg.cm] pada setiap baut klem telah mampu menahan benda kerja agar tidak bergerak pada saat proses pemesinan. Hasil ini menyimpulkan bahwa penjepitannya lebih kuat dan aman dibandingkan kondisi mesin sebelumnya. (Suharto,dkk:2016)

SIMPULAN

Berdasarkan data rancang bangun perlengkapan mesin CNC Router 3-axis maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berhasil merancang dan membuat *encloser* (tutup mesin) *Machine dimension* 2200 x 2200 x 1600 (mm), *Working area / Travel* 600 x 400 x 150 (mm) yang mampu digunakan untuk melindungi mesin saat dioperasikan
2. Terwujudnya sistem pendinginan *(coolant)* dengan pompa air 40 W , H Max 2000 mm, Q Max 2000 l/h, debit rata-rata 0,03367 [l/s] mampu mendinginkan cutting tools selama proses pemesinan.

3. Selesainya rancang bangun sistem penyedot debu *(dust collector)* Spesifikasi Blower 380 [W], 1300 [r/min]; Selang panjang 2600 [mm], ø42 [mm], Fleksibel, volume tangki penampung debu/chip 60 [liter]
4. Berhasilnya merancang dan membuat sistem penjepitan *(clamping)* pada meja mesin ukuran 600 x 400 [mm] dengan gaya penjepitan lebih besar dari gaya pemotongan.

SARAN

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengembangkan aplikasi Mesin CNC router untuk pembuatan produk kreatif seperti bahan- bahan kaca, acrylic, batu alam, marmer untuk meningkatkan produktifitas, efektifitas, dan efisiensi.

Ucapan Terimakasih

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat DRPM Kemenristekdikti, Direktur Politeknik Negeri Semarang (Polines), Kepala P3M Polines, Tim Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, CV Retro Kreasi Machinery Semarang, atas kerjasamanya sehingga program ini bisa berjalan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

Nanda Afrilyan. 2015. *Pemodelan Mesin CNC Engraving Untuk Pembuatan PCB. Fakultas Teknik Program Studi S-1 Teknik Mesin*. Universitas Diponegoro. Skripsi.

Salam, A. Rohman. 2013, *Proses Pembuatan Part RIB AT STN WFX 365.514 Komponen dari Sayap Pesawat Airbus A380*, Laporan Kerja Praktek, Universitas Diponegoro, Semarang.

Suharto, Suryanto, Sarana. 2016. *Pengembangan Rancang Bangun Canting Batik Cap Berkualitas Biaya Murah.* Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Semarang, 15 – 16 Oktober 2016, PROSIDING Vol. 01, Tahun 2016. ISSN: 2477 – 2097. pp.344-352

Sularso, Haruo Tahara. 1987. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita

Suryanto, Suharto, VS Tri Priyo, Sarana, Iwan Hermawan, & Agus Suwondo. 2015. *Pembuatan Canting Batik Cap (CBC) Menggunakan Mesin CNC Router Berbasis Software Mastercam.* Science And Engineering National Seminar 1 (SENS 1) UPGRIS - Semarang, 8 Agustus 2015. Prosiding ISBN : 978-602-0960-12-8. pp.95-100.

..... 2009. S*tudi Industri Kreatif Indonesia (2009-2025).* Departemen Perdagangan Republik Indonesia. Depdag RI.