

PENGARUH *LINEAR MOVEMENT DISPLAY* TERHADAP AKURASI AKSIS DAN PENGARUH RPM TERHADAP PARALELITI, SIRKULARITI, KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA PADA MESIN BUBUT KONVENSIONAL KRISBOW KW15-484

Yulius Wahyu Jatmiko¹, Augustinus Sujono², Muhammad Nizam²

¹Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

Digital Position Read Out (DRO)

Abstract :

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan akurasi mesin bubut konvensional Krisbow KW15-484 dengan kondisi awal menggunakan sarung skala untuk aksis (sumbu) X yaitu arah melintang dan sumbu Z yaitu arah memanjang. Penelitian akurasi ini dilakukan dengan tahapan : Verifikasi serta tindakan kalibrasi didasarkan pada standar internasional ISO 13041-1:2004(E), memasang DRO unit beserta linear encoder berakurasi 0.005mm untuk aksis X dan Z, pengambilan data dengan variasi putaran spindel mesin, dilanjutkan mengolah data dengan metode perbandingan nilai akurasi sebelum menggunakan DRO dan sesudah menggunakan DRO. Pengolahan data akurasi sebelum menggunakan DRO digunakan untuk mengetahui nilai akurasi sumbu X dan Z yang dihasilkan berdasar posisi sarung skala ukuran sumbu mesin. Pengolahan data akurasi sesudah menggunakan DRO digunakan untuk mengetahui nilai akurasi X dan Z yang dihasilkan berdasar posisi angka yang terbaca di DRO. Dengan DRO, akurasi sumbu X dan Z sebesar 5 μ m atau 0.005mm dapat dicapai dengan mudah demikian halnya untuk membantu ketepatan posisi X saat digunakan untuk meneliti paralelitas, sirkulariti dan kekasaran permukaan berdasar variasi putaran spindel. Sehingga mesin bubut Krisbow KW15-484 dapat melayani tuntutan akurasi ukuran pengerjaan benda kerja sampai dengan ketelitian minimal 5 μ m. Penambahan perangkat pembaca koordinat posisi sumbu mesin (*Digital position Read Out*) dapat membantu menghasilkan akurasi lebih baik.

PENDAHULUAN

Linear movement display banyak digunakan dalam permesinan industri guna mengetahui posisi sumbu mesin sesuai diinginkan operator. *Encoder* merupakan bagian dari perangkat *Linear Movement Display*. Akurasi atau ketelitian *encoder* bermacam-macam tergantung kebutuhan. *Encoder* dalam aplikasinya berfungsi untuk memantau posisi dengan benar sesuai akurasi yang mampu dibacanya. (Hohner Automazione SRL, 2004).

Menurut Hikmah (2011) *Linear movement display* atau DRO mendapatkan posisinya dengan perantaraan *encoder* dipasangkan pada sumbu mesin yang dipantau posisinya. Akurasi merupakan hal penting yang sangat menentukan berfungsi optimalnya *linear movement display*. Sebuah *linear encoder* yang dipasang pada *mechanical positioning system*, untuk mengetahui kinerjanya maka perlu diketahui tingkat akurasinya. (Purwowibowo, 2008).

Oshita dkk (2009) dalam jurnalnya menyatakan bahwa saat ini, jangkauan akurasi dalam proses pemesinan sampai dengan 10 μ m atau lebih rendah dan efisien sangat diinginkan serta sangat diperlukan untuk pengerjaan komponen

permesinan ataupun komponen-komponen alat kesehatan.

Mesin perkakas manual akurasinya tergantung dari ketelitian pembacaan terhadap skala mesin oleh operator. Konsekuensinya kualitas akhir terhadap ukuran benda kerja yang dihasilkan akan mengalami penurunan secara akumulasi oleh karena kesalahan pembacaan skala ukuran sumbu yang dilakukan operator.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan akurasi sumbu mesin bubut yang lebih akurat menggunakan perangkat pembaca yaitu *digital read out (DRO)* dengan *linear encoder* berketelitian 0.005mm yang dipasang untuk setiap sumbu dan memanfaatkan peran DRO untuk ketepatan posisi tingkat kedalaman pemakanan (DOC) saat digunakan untuk meneliti paraleliti, sirkulariti, dan kekasaran permukaan berdasar putaran spindel. Dengan alat ini hasil proses pemesinan terhadap benda kerja akan menjadi lebih akurat dan operator menjadi lebih cepat dalam membaca posisi ukuran sumbu serta mengoperasikan mesin.

Dengan memahami alasan-alasan diatas, maka penelitian ini sangat penting guna mengetahui akurasi sumbu mesin bubut tersebut.

Untuk mendapatkan arah penelitian yang baik, maka penelitian ini ditentukan dengan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

- DRO merk Bausch&Laumb dan *Linear encoder merk Acurite* berketelitian 0.005mm dipasang di mesin bubut konvensional Krisbow KW15-484.
- DRO unit tidak dapat dihubungkan atau dikomunikasikan dengan komputer.
- Panjang langkah efektif sumbu X=120mm, Z=380mm.
- Parameter dan perhitungan proses pemesinan menggunakan rumus dan tabel pemesinan bubut.
- Material benda kerja uji adalah ST 60.
- Alat potong menggunakan jenis karbida.
- Ketelitian pembacaan posisi minimal arah X (radius) dan arah Z sebesar 5 μ m.
- Proses pemesinan bubut yang dilakukan adalah memanjang dan melintang dengan kedalaman pemotongan (arah sumbu X) setiap penyayatan sebesar 0.4mm.
- Mesin bubut dianggap berkeadaan baik atau konstan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dibatasi dengan spesifikasi mesin bubut yaitu Krisbow KW15-484 dan *linear movement display* menggunakan merk *Bausch&Laumb* dengan akurasi *linear encoder* 0.005mm (5 μ m). Pemasangan *linear movement display* unit diatur sedemikian sehingga dapat dipasang pada mesin bubut tersebut. Perhitungan putaran spindel mesin menggunakan rumusan :

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d}$$

dan kecepatan potong (C_s) aktual menggunakan rumus :

$$C_s = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$$

Rumus kecepatan potong (sumber : ATMI)

Kecepatan potong aktual dihitung berdasar besaran angka putaran mesin bubut Krisbow dan diameter benda kerja sehingga dihasilkan kecepatan potong yang sesungguhnya sesuai keadaan mesin.

Sebelum mesin digunakan untuk pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan tindakan verifikasi yang bertujuan untuk mengetahui kondisi mesin saat itu. Setelah kondisi mesin diketahui, selanjutnya dilakukan tindakan kalibrasi dengan menggunakan suatu standar internasional yaitu ISO 13041-1:2004(E). Tindakan kalibrasi dilakukan

untuk bagian-bagian mesin antara lain spindel mesin, kesesuaian putaran mesin sesuai tabel putaran spindel yang tersedia, aksis mesin, ketepatan skala mesin, sentrisitas antara sumbu mesin dengan menggunakan metode pengukuran dua senter atau *between centre* serta kerataan gerak *linear tailstock*. Adapun alat ukur yang digunakan pada tindakan kalibrasi ini adalah dial indikator dengan ketelitian 0.002mm.

Guna menjamin kesiapan mesin untuk pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan percobaan-percobaan untuk mengetahui kesiapan mesin dan kesiapan *linear movement display* yang dipasangkan pada mesin bubut tersebut. Pengambilan data pada bagian pertama dilakukan dengan kondisi mesin tidak menggunakan *linear movement display* atau hanya mengandalkan penggunaan sarung skala mesin dan pada bagian kedua pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *linear movement display*. Hasil berupa angka akurasi dicatat dan kemudian dibandingkan untuk ditarik suatu kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Linear movement display terdiri dari *seven segment display unit* dan dua unit *linear encoder* dipasangkan dimesin seperti ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Mesin bubut dan *Linear movement display*

Ketepatan posisi :

Tabel 3.1. merupakan hasil pengukuran ketepatan posisi saat kedua sumbu tersebut digeser dengan jarak tertentu sesuai tabel dan diukur dengan menggunakan dial indikator berketelitian 0.002mm per strip nya. Penggunaan alat ukur dengan akurasi lebih kecil dari akurasi DRO didasarkan pada pengertian dan prinsip kalibrasi yaitu dengan melihat batasan angka yang ditetapkan dalam hal ini DRO berakurasi 0.005mm maka alat ukur yang dipakai harus mempunyai akurasi dibawah atau lebih kecil dari batasan DRO tersebut supaya dapat diketahui angka penyimpangannya. Dari tabel dapat dibaca bahwa untuk sumbu X terjadi perbedaan cukup signifikan

antara proses pengukuran saat mesin menggunakan DRO dan saat tidak menggunakan DRO yang dalam hal ini menggunakan sarung skala. Proses pergeseran sarung skala dengan nilai pergeseran sebesar 0.04mm per strip, ketelitiannya sangat tergantung dari perasaan dan kemampuan operator dalam memposisikan tanda antara sarung skala dengan tanda skala tetap di mesin. Ketidak stabilan posisi akan sangat mudah terjadi apabila kemampuan operator tidak memadai dalam proses pergeseran skala sehingga akan mempengaruhi hasil ukuran benda uji hasil penyayatan benda kerja. Sumbu X dengan menggunakan DRO, nilai pergeseran sangat mudah dibaca pada tampilan DRO dan ini terbukti dengan melihat hasil pada tabel dengan menggunakan DRO yang mana angka pergeseran sumbu stabil dengan hasil selalu didalam nilai batasan ketelitian DRO sebesar 0.005mm.

Pergeseran ukuran posisi sumbu Z, pada proses tanpa menggunakan DRO mempunyai angka akurasi lebih kecil dibandingkan dengan DRO. Keadaan ini dapat terjadi dengan catatan bahwa kemampuan dan perasaan operator terhadap tanda pada sarung skala untuk dapat berhenti pada posisi yang sama pada tanda di mesin sangatlah dibutuhkan dan tentu kestabilan untuk dapat berhenti di posisi yang sama tentu sangat sulit. Sumbu Z saat menggunakan DRO terlihat di tabel sangat stabil dengan nilai pergeseran selalu didalam batasan ketelitian DRO sebesar 0.005mm sehingga terbukti bahwa unit DRO yang ditambahkan pada mesin bubut Krisbow Kw15 484 ini dapat berfungsi dengan maksimal.

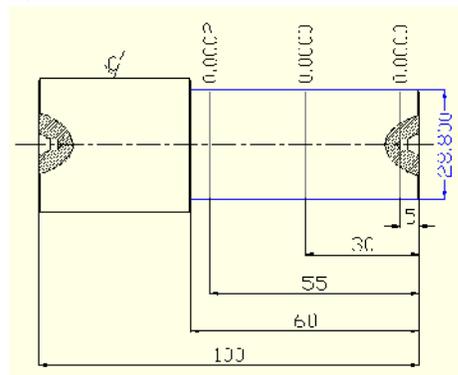
Tabel 3.1. Ketepatan pergeseran sumbu mesin

No.	sumbu mesin	tanpa DRO	dengan DRO
1	sumbu X	0.02	0.004
2	sumbu Z	0.002	0.004

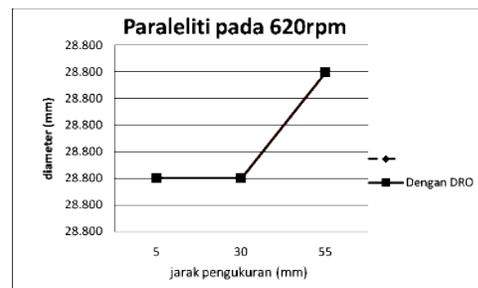
Paraleliti :

Gambar 3.3; 3.5; dan 3.7, adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara akurasi atau ketelitian yang dihasilkan dalam arah melintang searah sumbu X sepanjang 55mm benda kerja searah sumbu Z. Pengukuran paralelitas benda kerja dilakukan pada 3 titik yaitu 5mm, 30mm, dan 55mm. Jarum dial indikator berketelitian 0.001mm seperti ditunjukkan pada gambar 3.2 , 3.4 , dan 3.6, dalam pengukurannya diletakkan pada titik tersebut sesuai urutan pengukuran. Pengukuran hasil proses dengan 1000rpm menghasilkan akurasi terbesar yaitu 0.004mm. Nilai akurasi ini merupakan rata-rata dari hasil pengukuran benda uji. Nilai akurasi

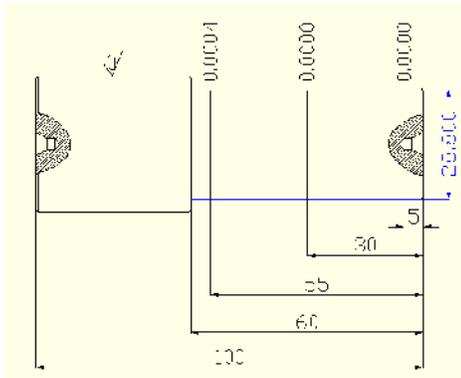
ini diketahui dengan alat ukur dial indikator berakurasi 0.001mm per strip nya. Grafik tidak menunjukkan perubahan secara teratur disebabkan proses secara *between centre* atau antara dua senter, hasil keparalelan ukuran sangat dipengaruhi oleh kesenteran antara senter tetap yang dipasang pada spindel dan senter bergerak atau *life centre* yang dipasang pada penyangga atau *tailstock*. Senter yang dibuat di kedua sisi benda uji harus dapat menempel dengan baik pada setiap senter tetap dan senter bergerak supaya keparalelan ukuran hasil proses dapat dicapai seperti yang diinginkan. Elemen mesin lain yang juga mempengaruhi adalah tingkat kerapatan eretan terhadap pasangan bidang gelinciran dan perubahan-perubahan letak elemen permesinan yang berhubungan dengan tingkat kedalaman pemakanan. Kekocakan dan ketidakrapatan antara pasangan bidang gelinciran akan mempengaruhi kestabilan letak ujung mata alat potong yang berhubungan langsung dengan permukaan benda uji. Elemen-elemen mesin yang berhubungan dengan tingkat kedalaman pemakanan apabila berubah secara terus menerus sepanjang benda kerja akan mengakibatkan penyimpangan keparalelan ukuran benda uji disebabkan ketidakstabilan letak ujung mata potong searah sumbu X.



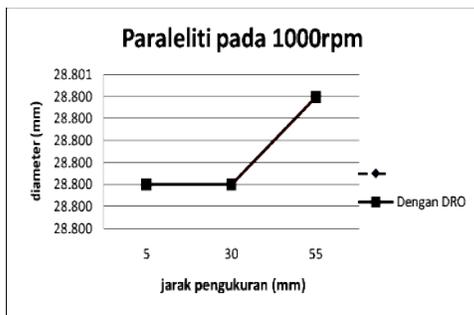
Gambar 3.2. Akurasi paraleliti pada 620 rpm



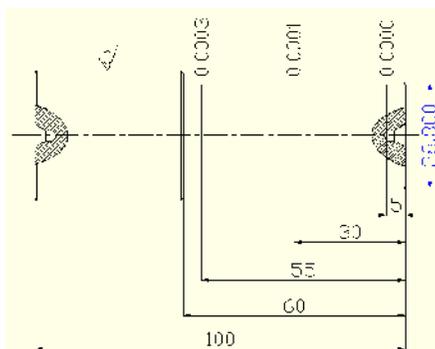
Gambar 3.3. Grafik paraleliti 620rpm



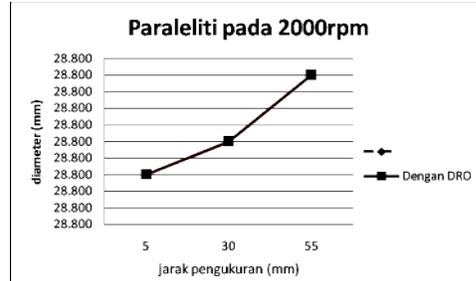
Gambar 3.4. Akurasi paraleliti pada 1000 rpm



Gambar 3.5. Grafik paraleliti 1000rpm

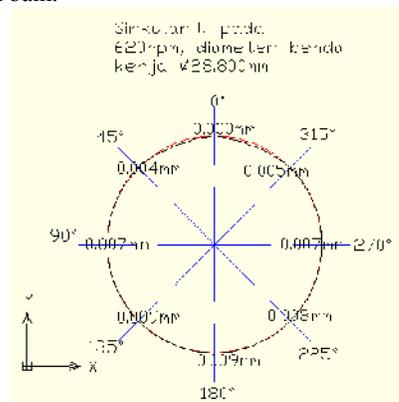


Gambar 3.6. Akurasi paraleliti pada 2000 rpm

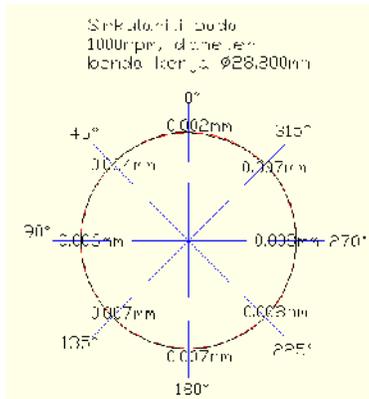


Gambar 3.7. Grafik paraleliti 2000rpm Sirkulariti (kebulatan lingkaran) :

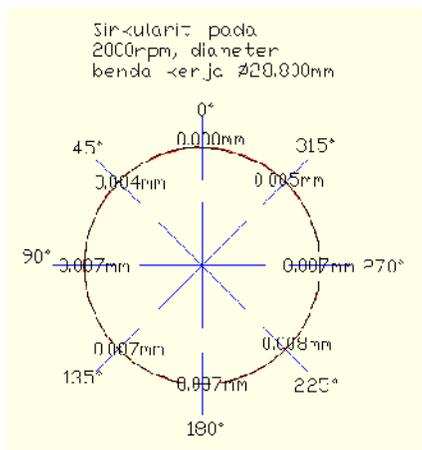
Pada penelitian ini, untuk melakukan pengukuran sirkulariti, peneliti membagi satu keliling lingkaran benda kerja menjadi 8 titik atau dibagi per 45° dan ditandai untuk sejumlah 5 benda uji. Letak titik pengukuran searah sumbu Z benda kerja sepanjang 55mm dibagi menjadi 3 titik pengukuran dan setiap titik arah Z tersebut dilakukan pengukuran kearah melingkar benda kerja sebanyak 8 titik atau per 45° kemudian dicatat. Proses pengukuran benda kerja menggunakan prinsip *between centre*. Untuk pergeseran searah sumbu Z sepanjang 55mm, dilakukan dengan cara menggeser apron mesin. Alat ukur yang digunakan adalah dial indikator berketelitian 0.001mm. Dari hasil pengukuran sirkulariti permukaan benda kerja benda kerja terdapat akurasi yang bervariasi untuk setiap titik pengukuran. Proses dengan menggunakan 620rpm menghasilkan akurasi sirkulariti sebesar 0.006mm. Pada kondisi proses 1000rpm menghasilkan 0.006mm pula dan pada kondisi proses dengan menggunakan 2000rpm menghasilkan akurasi sirkulariti sebesar 0.005mm. Angka akurasi ini dapat diketahui oleh peneliti disebabkan alat ukur yang dipergunakan dalam pengukuran mempunyai akurasi 0.001mm per stripnya. Akurasi sirkulariti terbaik yang dihasilkan pada 2000 rpm membuktikan bahwa penambahan kecepatan potong (*Cutting speed*) menghasilkan sirkulariti lebih baik.



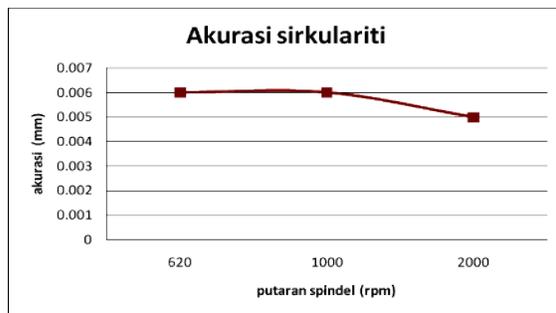
Gambar 3.8 Hasil pengukuran rata-rata sirkulariti pada 620 rpm



Gambar 3.9 Hasil pengukuran rata-rata sirkulariti pada 1000 rpm



Gambar 3.10. Hasil pengukuran rata-rata sirkulariti pada 2000 rpm



Gambar 3.11. Grafik Akurasi sirkulariti

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- a. Mesin bubut menggunakan DRO lebih mudah untuk dioperasikan dan dapat membaca ketelitian sampai dengan 0.005mm. Sumbu X menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 0.004mm dan sumbu Z rata-rata sebesar 0.004mm. Angka akurasi

Kekasaran permukaan :

Dari data atau parameter pemotongan membuktikan bahwa kekasaran permukaan dipengaruhi oleh parameter pemakanan. Peneliti menggunakan variasi kecepatan putaran spindle yaitu 620 rpm, 1000rpm, dan 2000 rpm. Dalam penelitian ini parameter yang tetap adalah tingkat kedalaman pemakanan sebesar 0.4mm dan kecepatan pemakanan (*feeding*) sebesar 0.1mm/put. Dengan menggunakan parameter kedalaman pemakanan dan kecepatan pemotongan yang sama untuk setiap jenis variasi rpm menghasilkan angka kekasaran permukaan semakin kecil atau kekasaran permukaan menjadi lebih baik seiring semakin besarnya angka rpm yang dipakai dalam proses pemotongan benda uji penelitian. Angka terkecil dihasilkan pada 1000rpm yaitu sebesar 2.45 μm . Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, yaitu semakin besar kecepatan potong yang berpengaruh terhadap didapatkannya putaran spindle maka kualitas permukaan benda kerja hasil proses pemesian mesin bubut menjadi semakin baik.



Gambar 3.12. Kekasaran permukaan sesuai variasi rpm

sumbu X dan Z tidak berkelipatan 0.005mm sesuai akurasi DRO disebabkan dial indikator berketelitian 0.005 per strip sulit ditemukan di lapangan sehingga peneliti menggunakan alat ukur dengan akurasi lebih kecil dari akurasi DRO dengan didasarkan pada pengertian dan prinsip kalibrasi yaitu dengan melihat batasan angka yang ditetapkan yaitu DRO

- berakurasi 0.005mm maka alat ukur yang dipakai harus mempunyai akurasi lebih kecil dari batasan DRO tersebut supaya dapat diketahui angka penyimpangannya.
- b. Akurasi kesejajaran atau paraleliti, menghasilkan akurasi maksimal sebesar 0.001mm di 2000rpm. Paraleliti sangat tergantung dari kestabilan elemen-elemen mesin. Kestabilan ini mempengaruhi posisi ujung mata potong pahat sepanjang proses pemakanan benda uji. Akurasi kebulatan lingkaran atau sirkulariti, pada kecepatan putaran spindel 2000rpm menghasilkan akurasi paling kecil atau paling bagus yaitu sebesar 0.005mm. Penambahan kecepatan potong (*Cutting speed*) menghasilkan sirkulariti lebih baik. Kekasaran permukaan, angka terkecil dihasilkan pada 1000rpm yaitu sebesar 2.45 μ m. Angka kekasaran permukaan semakin kecil seiring semakin besarnya putaran spindel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada UNS dan ATMI yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Purwowibowo, 2008, Peningkatan Akurasi *Linear Transducer* Menggunakan *Genetic Algorithm* Dan *Golden Ratio Segmentation*. Universitas Indonesia, Indonesia.
- Oshita, I., 2009, *Development of a High Precision Machining Centre and its Motion Accuracy*, Int. J. of Automation Technology Vol. 3 No. 4, Japan
- Hikmah, M., Djajadi, A., Sinaga, M., 2011, *Implementation of 4 Axes Digital Read Out (DRO) as embedded System for Machine Tools.*, *International Conference on Instrumentation Control and Automation*, 15-17 November 2011, Bandung, Indonesia.
- Bausch & Lomb., 1981, *Acurite II Digital Measuring System*, New York.
- .Ricerca and Sviluppo, 2004, *The importance of Encoders in "Measuring System"*, Hohner Automazione Srl.
- Danaher., 2003, *Encoder Application Hand Book*, Danaher control, Gurnee, IL.
- Rochim, T., 1981, *Teknik Pengukuran (Metrology Industri)*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Heidenhain., 2007, *Linear Encoders Improve the Machining Accuracy (Technical Information)*, Heidenhain, Germany.