

STUDI PERBANDINGAN PENERAPAN ANTARA SILOPILOT FMM 760 DAN MICROPILOT M FMR250 SEBAGAI ALAT PENGUKUR KETINGGIAN MATERIAL PADA SILO SEMEN DI PLANT 6 PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA, TBK.

Widodo, Deni Hendarto

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jalan K.H. Sholeh Iskandar Km. 2 Bogor, Kode Pos 16162*

Email: widodo@gmail.com

ABSTRAK

STUDI PERBANDINGAN PENERAPAN ANTARA SILOPILOT FMM 760 DAN MICROPILOT M FMR250 SEBAGAI ALAT PENGUKUR KETINGGIAN MATERIAL PADA SILO SEMEN DI PLANT 6 PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA, TBK. Proses pengukuran ketinggian material didalam silo semen sebelumnya dilakukan dengan bantuan operator dengan menggunakan seutas tali sebagai alat ukur, cara ini tidak efektif karena hasil pengukuran yang diperoleh kurang akurat dan membutuhkan waktu yang relatif lama. Untuk mengatasinya dengan menerapkan sebuah alat pengukur ketinggian material. Alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian kedua silo semen terdapat dua pilihan yaitu silopilot FMM 760 dan micropilot M FMR250. Alat tersebut berbeda sistem pengukurannya yaitu silopilot FMM 760 menggunakan sistem elektromekanik sedangkan micropilot M FMR250 dengan sistem radar. Pemakaian alat yang berbeda belum tentu hasil yang diperoleh tingkat keakuratannya sama mengingat area yang diukur ini sangat terpengaruh oleh faktor angin dan debu yang ekstrim. Penelitian yang dilakukan ini akan membandingkan hasil dari kinerja kedua alat tersebut. Perbandingan kinerja yang dilakukan diharapkan dapat diketahui tingkat keakuratan masing-masing alat tersebut. Metode yang dilakukan meliputi langkah kerja silopilot FMM 760, langkah kerja micropilot M FMR250 dan perbandingan kinerja.. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai penyimpangan atau persentase kesalahan yang melebihi nilai toleransi yang ditetapkan yaitu alat micropilot M FMR250 ternyata lebih banyak terjadi penyimpangan pengukuran dibandingkan dengan silopilot FMM 760. Ini menunjukkan bahwa pengukuran dengan menggunakan silopilot FMM 760 hasilnya lebih akurat dibanding dengan pengukuran menggunakan micropilot M FMR250 jika diterapkan pada material berbentuk semen dengan faktor angin dan debu yang ekstrim didalam area silo.

Kata kunci: Pengukur ketinggian, micropilot M FMR250, silopilot FMM 760, radar, elektromekanik.

1. PENDAHULUAN

Perusahaan PT Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. merupakan salah satu perusahaan besar yang bergerak dibidang produksi semen. Proses produksi semen dalam kapasitas besar yang dibutuhkan adalah suatu wadah penampungan material, material yang dipakai tersebut bernama silo semen. Silo semen yang digunakan terdapat dua buah yang letaknya berdampingan dengan ukuran yang sama. Proses untuk mengetahui kapasitas atau kondisi material di dalam silo semen tersebut perlu diukur ketinggiannya. Proses pengambilan data ketinggian material semen didalam area silo sebelumnya dilakukan secara manual oleh operator dengan menggunakan seutas tali sebagai alat ukur. Cara ini tidak efektif karena jika dilihat dari tingkat ketelitian masih kurang akurat. Cara mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mencari alat yang

dapat mengukur ketinggian material semen tersebut secara cepat, benar dan mempunyai tingkat ketelitian yang baik. Alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian material pada silo semen tersebut dicoba memakai dua alat yaitu silopilot FMM 760 dan micropilot M FMR250. Kedua alat ini mempunyai sistem yang berbeda, yaitu silopilot FMM 760 bekerja dengan sistem elektromekanik sedangkan micropilot M FMR250 bekerja dengan sistem radar[1][7].

Pemakaian kedua alat pengukur ketinggian yang berbeda tersebut belum tentu hasil data pengukuran yang diperoleh akan menghasilkan hasil data yang sesuai dengan diharapkan. Sehingga dalam penelitian ini akan dibandingkan hasil kinerja kedua alat pengukur ketinggian silo semen yaitu silopilot FMM 760 dan micropilot M FMR250 dengan faktor debu yang ekstrim di dalam area silo semen.

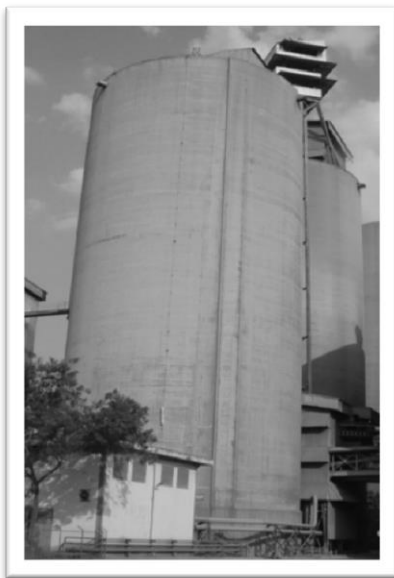
Dengan melakukan perbandingan hasil kinerja kedua alat tersebut diharapkan dapat diketahui tingkat keakurasian dari masing-masing alat tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian studi perbandingan penerapan antara silopilot FMM 760 dan micropilot M FM260 sebagai alat pengukur ketinggian material pada silo semen di plant 6 PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk meliputi beberapa tahapan penelitian, yakni (i) Langkah kerja untuk penentuan kinerja silopilot FMM 760, (ii) Langkah kerja untuk penentuan kinerja micropilot M FMR250, (iii) Perbandingan kinerja.

2.1 Penyimpanan Material (silo)

Silo adalah tempat penampungan bahan semen atau semen yang biasanya ada di setiap pabrik semen. Dari Silo tersebut kemudian dipacking dijadikan semen dalam bentuk zak, dan sebagian diangkat dengan truck kapsul untuk memenuhi permintaan beberapa pengusaha beton ready mix. Fungsi silo adalah menampung material yang akan diproses baik digiling, dibakar dan dihaluskan [1]. *Storage* (silo) ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Storage (Silo)

Storage (silo) di PT Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk. terdapat 3 jenis, yaitu silo *rawmill*, silo *clinker*

dan silo semen. Jadi satu plant mempunyai 6 buah silo yang terdiri dari 2 silo *rawmill*, 2 silo *clinker* dan 2 silo semen. Semua silo tersebut berbentuk seperti tabung dengan bahan terbuat dari beton semen. Tempat penyimpanan material (silo) semen yang ada di plant 6 terdapat 2 buah silo yaitu dengan nama silo semen A dan silo semen B. Kedua silo semen tersebut mempunyai ketinggian dan diameter yang sama dengan letak yang sejajar (berdampingan).

2.2 Silo Pilot FMM 760

Silopilot FMM 760 merupakan alat pengukur level ketinggian material semen di dalam silo yang menggunakan suatu *digital counter*. *Digital counter* adalah suatu instrumen digital yang dapat mengukur jumlah pulsa yang tertera di panel dalam suatu interval waktu. Bentuk alat ukur ketinggian silopilot FMM 760, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Bentuk alat ukur ketinggian silopilot FMM 760

2.2.1 Bagian-bagian utama silopilot FMM 760

Silopilot FMM 760 ini mempunyai bentuk yang tidak terlalu besar, sehingga tidak membutuhkan tempat yang cukup banyak. Alat ini terdiri dari beberapa bagian penting sebagai berikut[2]:

- a. Bandul;
- b. Rantai Baja;
- c. *Scrapers*;
- d. Pita Ukur;
- e. *Counting Disc*;
- f. *Proximity Switch*;
- g. *Tape Cassette*;
- h. *Motor Driver*;
- i. *Papan Min Fail –Safe mode*;
- j. *D/A converter+memory ZAD 18*.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

Selain bagian-bagian tersebut di atas ini juga dilengkapi dengan suatu *frame*, plat dasar, *flange* dan juga *dirt chamber* yang terbuat dari *aluminium cast*. Keberadaan komponen elektronik pada *dirt chamber*.

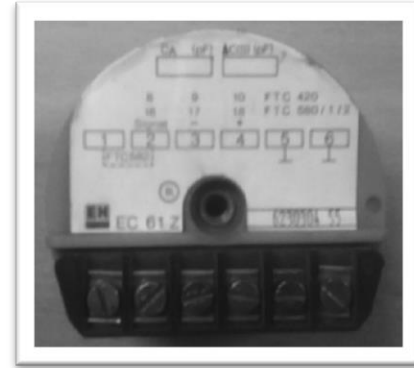
2.2.2 Capacitance level detector

Konstruksi dari sebuah *Capacitance Level Detector* adalah terdiri dari *probe*, *oscilator F/V converter*, *comparator* dan rele[4]. Bentuk dari *capacitive level limit switch nivotester FTC 420*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Bentuk nivotester FTC 420

Prinsip kerjanya adalah perubahan tinggi material yang mengenai *probe* akan mengakibatkan perubahan kapasitansi pada *probe* tersebut dan perubahan kapasitansi ini akan mengakibatkan perubahan frekuensi di *oscillator*[5]. Frekuensi ini selanjutnya dirubah menjadi tegangan yang kemudian dikondisikan agar dapat mengaktifkan rele. Level probe buatan Endress Houser electronic insert EC 61 Z dipasang pada dikepala level. Probe sesungguhnya adalah rangkaian *oscilator* dan *converter F/V*, sedangkan nivotester FTC 580/582 adalah rangkaian *comparator* untuk membandingkan tegangan output probe dengan tegangan referensi. Output dari *comparator* di dalam FTC dipakai untuk mengaktifkan rele yang selanjutnya dipakai untuk mengaktifkan alarm ataupun keperluan lainnya. Bentuk fisik dari electronic EC 61 Z, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



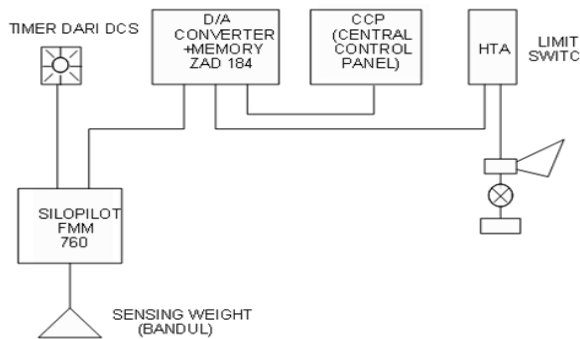
Gambar 4 Bentuk electronic EC 61 Z

2.2.3 Sistem pengukuran dan operasi

Sistem operasinya adalah ketika tombol *start* di tekan maka *initiator count* akan on dan sebelum melakukan perhitungan motor akan reset terlebih dahulu sebelum berputar. Kemudian bandul akan turun kebawah dan *counting disc* akan berputar hingga dideteksi oleh *proximity switch* yang akan menghasilkan pulsa digital 0-1 sampai bandul mencapai permukaan material. Satu pulsa digital dalam pengukuran ini adalah mewakili 10 cm panjang dari pita ukur. Pulsa yang dihasilkan dari *proximity switch* akan mengirimkan sinyal dalam bentuk arus searah dan tegangan searah ke dalam *stores* dan pulsa tersebut disimpan hingga siklus pengukuran berikutnya[6].

Proses berikutnya adalah pulsa akan dikonversikan *D/A converter+memory ZAD 184* ke dalam bentuk analog. Output analog tersebut berbentuk arus yaitu 4-20 mA langsung dikirimkan ke panel DCS (*Distributed Control System*) dan langsung dikirim ke CCP untuk di proses[7]. Fungsi timer adalah untuk mengeset pengukuran secara otomatis dengan waktu pengukuran yang sudah ditentukan. Setelah bandul mengenai permukaan material maka pita ukur akan mengendur dan motor bergerak dan akan mengenai *limit switch* dan akan memerintahkan bandul untuk naik kembali ke atas pada posisi semula "*parking*" dan pengukuran telah selesai. Gambar skema proses pengukuran secara keseluruhan, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FT SUKAWATI-BOGOR



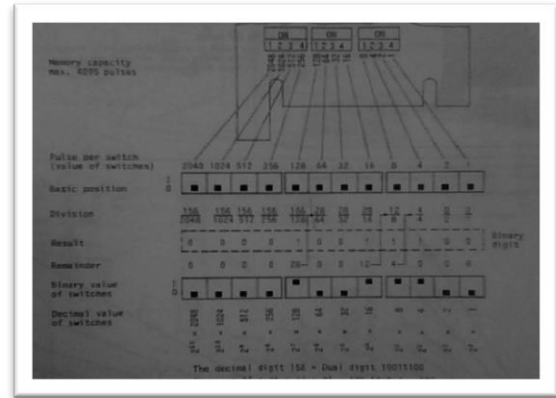
Gambar 5 Skema proses pengukuran

2.2.4 Proses penyetelan (setting) parameter

Beberapa hal yang dilakukan untuk menyetel parameter pada silopilot FMM 760 adalah sebagai berikut:

- Memeriksa *Link* untuk menghitung pulsa yang ada di dalam silopilot FMM 760. Di dalam penggunaan semua fungsi *counting* baik *ft-count*, *cm-count* dan *dm-count* serta bentuk pulsa yang integral, maka *Link C-B* yang berada pada posisi kanan dari *Basic Board* harus terhubung;
- Memeriksa pada penghitungan pulsanya apakah *descent* atau *ascent*. Apabila diinginkan perhitungan pulsa secara *descent* maka *link F-D* yang harus terhubung;
- Memeriksa sistem *restarting* setelah motor menyentuh material yaitu jika diinginkan motor tersebut secara otomatis *restart* dan menarik kembali normal maka *link J-H* yang harus terhubung, namun jika diinginkan operator yang melakukan *restart* setelah temperatur normal/turun maka *link J-G* yang harus terhubung;
- Menyesuaikan *mode minimum fail-safe* melalui *dip switch*, yaitu untuk menentukannya dengan cara menjalankan pengukuran terlebih dahulu. Saat bandul tersebut berada pada 0 % dan kembali lagi ke atas pada posisi "*parking*". Proses selanjutnya pulsa yang telah di hasilkan di konversikan ke bentuk desimal. Hasil yang diperoleh disesuaikan melalui *dip switch* dengan cara membagi nomor *decimal* dari hasil digit dengan biner.

Penyetelan *dip switch*, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

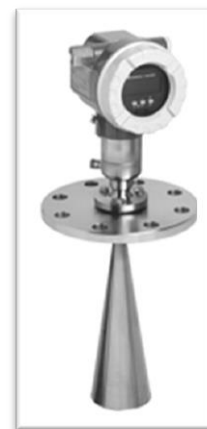


Gambar 6 Penyetelan dip switch

2.3 Micropilot M FMR250

Micropilot M FMR250 adalah sebuah alat pengukur ketinggian yang melakukan pengukuran secara terus menerus dan tanpa kontak langsung[7]. Jenis material yang dapat diukur terutama dari bahan *powder* (tepung) tetapi penggunaan untuk benda cair akan lebih baik dengan aplikasinya adalah sebagai berikut:

- Pengukuran level dalam silo yang tinggi dengan faktor debu yang sangat ekstrim, material semen, rawmeal;
 - Pengukuran pada temperatur yang tinggi dengan syarat temperatur diatas 200 °C (392°F), pada material *clinker* atau *fly ash*.
- Bentuk fisik micropilot M FMR250, seperti ditunjukkan pada Gambar 7[8].



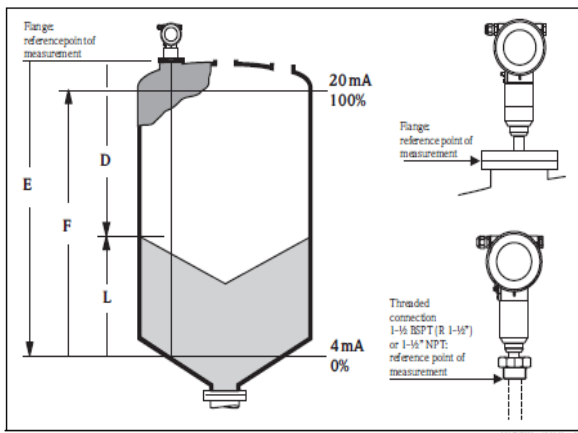
Gambar 7 Bentuk micropilot M FMR250

2.3.1 Prinsip pengukuran

Micropilot M FMR250 mengukur jarak dari referensi poin ke permukaan material. Impuls

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

radar dipancarkan dengan sebuah antena dan dipantulkan ke permukaan material selanjutnya diterima kembali oleh sistem radar[8]. Fungsi dan sistem pengukuran micropilot M FMR250, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Fungsi dan sistem pengukuran Micropilot M FMR250

2.3.2 Input

Impuls radar dipantulkan dan diterima oleh sebuah antena dan dikirimkan ke dalam sebuah card elektronik. Microprosesor mengevaluasi sinyal tersebut dan mengidentifikasi gema (echo) level dari impuls radar yang dipantulkan ke permukaan material. Jarak D dengan permukaan material sebanding dengan waktu lintas dari impuls, seperti diperlihatkan oleh persamaan (1)[9]:

$$D = c \cdot t / 2 \dots \dots \dots (1),$$

dengan:

- D = Jarak antara referensi dengan permukaan material,[meter];
- c = Kecepatan waktu,[m/s];
- t = Waktu,[detik].

Jika sudah diketahui jarak E, nilai L dapat dihitung dengan persamaan (2):

$$L = E - D \dots \dots \dots (2).$$

Dengan:

- E = Jarak kosong,[meter];
- L = level,[meter];
- D = Jarak antara referensi dengan permukaan material,[meter].

Mengacu dari gambar diatas untuk poin referensi adalah "E". Micropilot M FMR250 dilengkapi

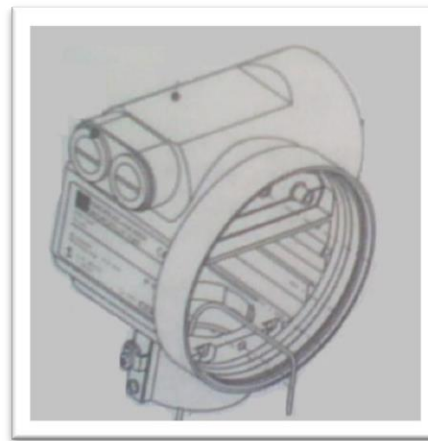
dengan fungsi untuk menekan atau meredam gangguan gema maka dapat mengaktifkan fungsi ini.

2.3.3 Output

Setelah alat micropilot M FMR250 selesai dipasang masukkan aplikasi pada parameter *empty distance* "E" (=zero), dan *full distance* (=span). Aplikasi parameter tersebut akan secara otomatis menyesuaikan alat tersebut pada kondisi proses[8]. Data poin "E" dan "F" adalah sesuai dengan 4 mA dan 20 mA sesuai dengan output arus pada alat. Sesuai juga dengan 0% dan 100% untuk output digital pada *display modul*. Micropilot M FMR250 terdiri dari berbagai komponen-komponen penting antara lain:

a) Housing

Housing tersebut berfungsi sebagai tempat untuk berbagai komponen seperti terminal modul/*power supply board*, *electronic*, displai dan lain-lain, sehingga aman. *Housing* tersebut terbuat dari bahan alumunium. Bentuk *housing*, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Bentuk housing

b) Cover

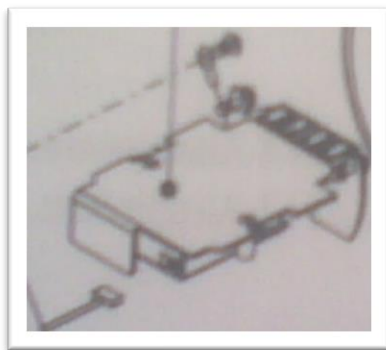
Cover atau penutup tersebut berfungsi sebagai penutup dari displai. Penutup ini terbuat dari bahan alumunium yang ditengahnya ada lubang terbuat dari kaca dengan berfungsi untuk melihat dari luar indikasi yang tertera pada layar displai tersebut. Bentuk *cover* atau penutup, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Bentuk cover atau penutup

c) Terminal modul/*power supply board*

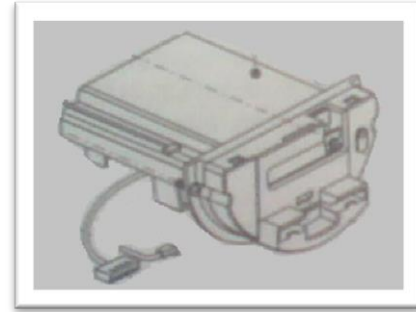
Terminal modul/*power supply board* tersebut terdiri dari 4 pole, yaitu dengan angka 1, 2, 3 dan 4. Pole 1 dan 2 saja yang dikoneksi karena alat ini memakai sistem 2 wire. Pole 3 dan 4 berfungsi untuk mengukur output arus secara langsung pada alat dengan menggunakan alat ukur yaitu multimeter. Bentuk terminal *modul/power supply board*, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Bentuk terminal modul/*power supply board*

d) Elektronik

Rangkaian elektronik ini berfungsi untuk mengevaluasi Impuls radar yang dipantulkan oleh antena dari alat micropilot M FMR250 dan mengidentifikasi gema (*echo*) level dari impuls radar yang dipantulkan ke permukaan material yang kemudian dirubah kedalam keluaran/output dalam bentuk arus. Arus tersebut berkisar antara 4.00 mA sampai 20.00 mA, dimana 4.00 mA sama dengan kondisi 0 % dan 20.00 mA sama dengan kondisi 100 %. Bentuk elektronik, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Bentuk elektronik

e) *Display*

Displai menggunakan seri VU331 yang menyediakan bentuk tiga tombol langsung dalam alat tersebut. Semua fungsi dapat disetel dalam sebuah sistem menu. Menu tersebut terdiri dari fungsi dan fungsi group. Dalam sebuah fungsi penggunaan parameter dapat dibaca dan disetel (*setting*). Seperti pada Gambar 13.



Gambar 13 Bentuk display

Displai yang terdapat dalam alat micropilot M FMR250 tersebut terdapat tampilan parameter-parameter, dan tiga tombol serta beberapa simbol. Simbol yang muncul dilayar tersebut mempunyai beberapa arti. Arti secara jelas dari simbol-simbol tersebut dapat dijelaskan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Uraian simbol yang terdapat dalam liquid cristal display

Simbol	Penjelasan
	SIMBOL ALARM Simbol alarm ini muncul ketika instrumen dalam keadaan alarm. Jika simbol berkedip ini mengindikasikan sebuah peringatan.
	SIMBOL KUNCI Simbol kunci ini muncul ketika instrumen (alat) dalam keadaan terkunci.
	SIMBOL COM Simbol komunikasi ini muncul ketika ada pengiriman atau komunikasi data lewat <i>HART communication</i> sedang berlangsung.

Tiga tombol yang terdapat dalam displai tersebut tertera 3 simbol yaitu (+), (-) dan (E). Ketiga tombol tersebut mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Secara jelas fungsi dari berbagai tombol tersebut, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Fungsi tombol

Tombol	Arti
or	Arah kemudi keatas didalam daftar pilihan adalah berfungsi merubah nilai angka dalam sebuah fungsi.
or	Arah kemudi turun didalam daftar pilihan adalah berfungsi merubah nilai angka dalam sebuah fungsi.
or	Kemudi kearah kiri dalam sebuah fungsi group.
	Kemudi kearah kanan dalam sebuah fungsi group, konfirmasi.
and or and	Mengunci hardware/membuka kunci Setelah hardware terkunci, pengoperasian alat lewat layar (<i>display</i>) tidak bisa berkomunikasi. Hardware hanya dapat dibuka kunci lewat layar (<i>display</i>).
and and	

f) Antena

Antena micropilot M FMR250 mempunyai 2 ukuran yaitu 3” (DN80) dan ukuran 4” (DN100) dengan jenis “*horn antenna*” untuk semua aplikasi terutama model standard memakai jenis *nozzle* kecil. Untuk mencapai sinyal yang kuat secara optimal direkomendasikan memakai antena dengan diameter yang lebih besar. Bentuk fisik antena, seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Bentuk antena

Antena jenis “*horn antenna*” mempunyai ukuran panjang (L) dan diameter (d) yang berbeda-beda. Ukuran antena tersebut, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Ukuran antena

Ukuran antena	80 mm /3”	100 mm/4”
L (mm)	211	282
d (mm)	75	95

2.4 Kesalahan pengukuran

Kesalahan (error) didefinisikan sebagai selisih antara nilai sebenarnya dan nilai hasil pengukuran, yaitu:

Kesalahan = Nilai sebenarnya – Nilai pengukuran

Secara simbolik dinyatakan dengan:

$$et = xs - xa \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

et = Kesalahan pengukuran,[meter];

xs = Nilai sebenarnya,[meter];

xa = Nilai pengukuran,[meter].

Dengan definisi pada persamaan, kesalahan dapat bernilai positif dan dapat pula bernilai negatif. Kesalahan akan bernilai negatif apabila nilai pengukuran lebih besar dari nilai sebenarnya[10]. Kesalahan relatif (relative error) didefinisikan sebagai kesalahan dibagi nilai sebenarnya, yaitu:

$$\text{Kesalahan relatif} = \frac{\text{Kesalahan}}{\text{Nilai sebenarnya}}$$

Secara simbolik dinyatakan dengan:

$$e_r = \frac{e_t}{x_t} \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

- e_r = Kesalahan relatif,[meter];
- e_t = Nilai kesalahan,[meter];
- x_t = Nilai sebenarnya,[meter].

Persentase kesalahan relatif didefinisikan sebagai kesalahan relatif dikalikan 100%, yaitu:

$$Pe_r = \frac{e_t}{x_t} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

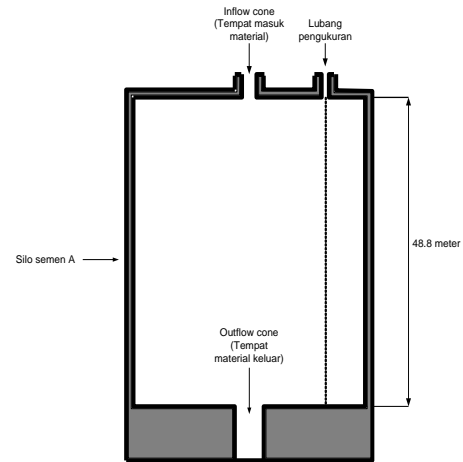
- Pe_r = Persentase kesalahan relatif,[%];
- e_t = Nilai kesalahan,[meter];
- x_t = Nilai sebenarnya,[meter].

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Kinerja Silopilot FMM 760

3.1.1 Hasil pengukuran silo semen A

Hasil pengukuran ketinggian silo semen A serta cara pengambilan data, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.

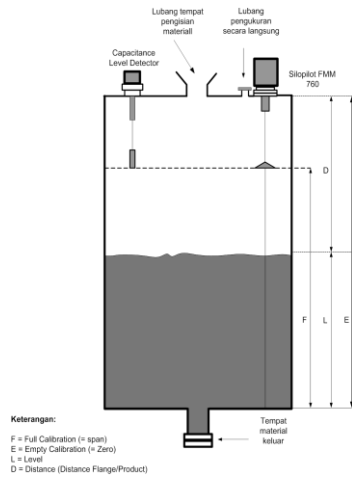


Gambar 15 Silo semen A tampak samping

Pengukuran ketinggian silo semen A dilakukan dengan menggunakan sebuah meteran (alat ukur panjang) dengan memasang sebuah pemberat atau bandul di ujungnya. Bandul yang digunakan adalah bell weight yaitu jenis bandul yang sama digunakan untuk silopilot FMM 760. Bandul ini berbentuk kerucut dengan berat 4,3 kg dan terbuat dari bahan baja stainless steel. Tujuan diberi pemberat pada ujung meteran adalah agar meteran tidak mengalami kendur sehingga diharapkan pengukuran yang diperoleh akan lebih akurat. Pengukuran ketinggian silo dilakukan dari atas silo semen A pada sebuah lubang pengukuran yang terletak disamping silopilot FMM 760. Pengambilan data ini dilakukan saat silo sudah benar-benar dalam kondisi kosong. Hasil pengukuran yang telah dilakukan diperoleh data ketinggian silo semen A adalah 48,8 meter.

3.1.2 Letak posisi sensor silopilot FMM 760

Letak posisi sensor silopilot FMM 760 yang terpasang pada silo semen A, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Letak posisi sensor silopilot FMM 760 yang terpasang pada silo semen A

Pemasangan silopilot FMM 760 dilakukan diatas silo semen dengan letak posisi antara tempat masuk material semen (*inflow cone*) dan dinding silo. Pemilihan posisi tersebut dilakukan bertujuan untuk menghindari terkena material semen secara langsung karena jika terlalu dekat dengan *inflow cone* dikawatirkan bandul akan tertimpa material, sedangkan apabila terlalu dekat dengan dinding silo juga akan mengganggu proses pengukuran karena sistem yang digunakan menggunakan sebuah bandul dengan pita yang digerakkan oleh sebuah motor dan dikawatirkan bandul akan tersangkut di dinding silo yang sudah tidak rata disebabkan kerak semen, sehingga menyebabkan pengukuran tidak akurat. Letak posisi sensor silopilot FMM 760.

3.1.3 Pemasangan silopilot FMM 760

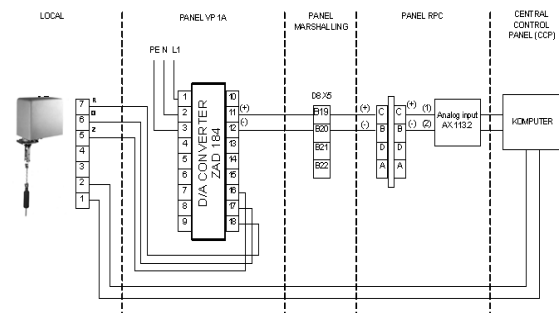
1) Proses pemasangan silopilot FMM 760

Hasil pemasangan silopilot FMM 760 yang terletak pada silo semen A, seperti ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Hasil pemasangan silopilot FMM 760

Koneksi *D/A converter ZAD 184* letaknya terpisah dengan silopilot FMM 760. Output dari silopilot FMM 760 yang terletak di lokal adalah berupa pulsa *counter* yaitu di terminal blok B no. 5, 6 dan 7 dan masuk ke input *D/A converter ZAD 184* yang terletak didalam panel VP 1A terkoneksi diterminal no. 16, 17 dan 18. Output dari *D/A converter ZAD 184* adalah di terminal no.11 dan 12 yang output berupa arus 4-20 mA. Output dari *D/A converter ZAD 184* selanjutnya terkoneksi ke panel *marshalling* pada terminal D8 X5 no 21 dan 22. *Marshalling* adalah sebuah panel yang berisi terminal koneksi antara lokal dengan IO board. Proses selanjutnya dari panel *marshalling* dihubungkan ke dalam input *I/O board* yang terletak di panel RPC. *I/O board* adalah berupa analog input dalam program DCS (*Distributed Control System*). Input dari *I/O board* tersebut berupa arus 4-20 mA atau 0-20 mA tergantung dari alat yang digunakan. Sedangkan output dari *I/O board* tersebut dikoneksikan ke CCP (*Central Control Panel*) dengan menggunakan kabel *optic* dan diproses untuk ditampilkan ke dalam layar monitor komputer dalam bentuk data informasi. Diagram koneksi silopilot FMM 760, seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Diagram koneksi silopilot FMM 760

2) Proses penyetelan parameter silopilot FMM 760

Beberapa hal yang dilakukan dalam penyetelan parameter-parameter di dalam alat silopilot FMM 760 adalah:

- 1) Menghubungkan link C-B karena kita pakai pengukuran *dm-count*.
- 2) Menghubungkan link F-D karena diinginkan perhitungan secara *descent*.
- 3) Menghubungkan link J-H karena diinginkan motor secara otomatis *restart*.
- 4) Menyesuaikan *mode minimum fail-safe* melalui *dip switch*.
- 5) Menyesuaikan fungsi *counting* yaitu pada *bridge dm-count* antara 6.40 meter dan 51.10 meter.

6) Melakukan penyetelan *dip switch*

Penyetelan *dip switch* ini dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan mengukur ketinggian silo semen terlebih dahulu secara tepat dan selanjutnya menghitung jumlah pulsa dan mengkonversikan ke dalam bilangan biner. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$Y = X \left(\frac{100}{L} \right)$$

dengan :

- Y = Nilai Kalibrasi, [%];
- X = Nilai X, [%] [berdasarkan tabel];
- L = Maksimum Level, [%].

Perhitungan:

Diketahui:

Ketinggian silo semen terukur = 48,8 meter
 Ketetapan *counting* pada silo pilot = 0,1 m (10 cm)/pulsa (*dm-count*)

Jadi pulsa yang didapat adalah:

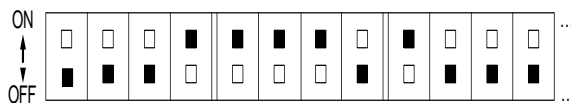
$$\left(\frac{\text{Jarak/ Ketinggian}}{\text{Ketetapan Counting}} \right) = \left(\frac{48,8 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} \right) = 488 \text{ Pulsa}$$

Hasil konversi bilangan desimal kedalam bentuk bilangan biner adalah:

2	488	0
2	244	0
2	122	0
2	61	1
2	30	0
2	15	1
2	7	1
2	3	1
2	1	1

Hasil bilangan biner = 000111101000
 = $2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^3$
 = 256 + 128 + 64 + 32 + 8
 = 488

Maka setelan untuk *dip switch*nya adalah sebagai berikut:



Proses selanjutnya setelah menyetel *dip switch* adalah melakukan perhitungan untuk mencari nilai X dan Y yang nantinya digunakan dalam proses

kalibrasi *D/A converter ZAD 184*. Hasil perhitungan nilai X dan Y dari persamaan (2.1) tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Perhitungan:

Ketinggian silo semen terukur = 48.8 meter

Nilai *value* = 47,54 % (lihat tabel kalibrasi pada lampiran 1)

Jadi:

Besar arus:

$$\left(\frac{47,54 \%}{100 \%} \right) * 20 \text{ mA} = 9,51 \text{ mA (Nilai X)}$$

Panjang probe/FTC = 2,00 meter

Total ketinggian dari FTC = 46,80 meter

Maka:

Maksimum level (L):

$$\left(\frac{46,8 \text{ m}}{48,8 \text{ m}} \right) * 100 \% = 96 \%$$

Nilai kalibrasi (Y):

$$X \left(\frac{100 \%}{L \%} \right) = 47,54 \% \left(\frac{100 \%}{96\%} \right) = 49,52 \%$$

Besarnya arus:

$$\left(\frac{49,52 \%}{100 \%} \right) * 20 \text{ mA} = 9.90 \text{ mA (Nilai Y)}$$

Setelah proses perhitungan selesai dilakukan dan didapat hasilnya, selanjutnya melakukan proses penyetelan parameter. Cara melakukan penyetelan parameter tersebut dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Start modul silopilot FMM 760.
- 2) Hubungkan multimeter secara seri (karena yang diukur adalah arus) ke terminal output *D/A converter ZAD 184* no 11 dan 12 (lihat Gambar 4.6).
- 3) Catat output mA terakhir dengan menggunakan multimeter pada terminal output *D/A converter ZAD 184*.
- 4) Cocokkan nilai X dan Y dengan cara sebagai berikut:

Ukur nilai X dengan menekan tombol test dan tahan dan lihat output mA pada multimeter (harus menunjuk nilai 9.51 mA). Apabila nilai tidak cocok putar trimpot X *coarse* dan *fine*. Proses selanjutnya ukur nilai Y dengan menekan tombol test dan tahan dan lihat output mA pada multimeter (harus menunjuk nilai 9.90 mA). Apabila nilai tidak cocok putar trimpot Y.

- 5) Setelah cocok nilai X dan Y, selanjutnya start lagi modul silopilot FMM 760 dan lihat output mA-nya.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

- 6) Catat output mA setelah melakukan penyetelan (*setting*) menggunakan multimeter pada terminal output *D/A converter ZAD 184*.
- 7) Lihat penyimpangan yang terjadi output mA sebelum dilakukan penyetelan dan setelahnya.

3.1.4 Proses pengukuran ketinggian material dengan menggunakan meteran (alat ukur panjang) dengan silopilot FMM 760

1) Pengukuran dengan meteran (alat ukur panjang) dihitung dengan persamaan (2.3):

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran (alat ukur panjang) dari lubang pengukuran sampai kepermukaan material. Sebagai dasar perhitungan digunakan data yang telah diperoleh dari pengukuran ketinggian silo semen A dan data spesifikasi alat silopilot FMM 760, sebagai berikut:

- Ketinggian silo semen A : 48,80 meter
- Panjang *capacitance level detector* : 2 meter
- Jarak kosong (E) (Ketinggian silo semen A – Panjang *capacitance level detector*) : 48,80 – 2,00 meter = 46,80 meter
- Output analog silopilot FMM 760 : 4 - 20 mA

Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk melakukan pengukuran dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$L = E - D$$

dengan : L = level, [meter];

E = Jarak kosong, [meter];

D = Jarak antara flange dengan

material, [meter].

Hasil pengukuran menggunakan meteran (alat ukur panjang) adalah sebagai berikut:

1) Hasil pengukuran ke-1 dilakukan pada tanggal 06 Desember 2010, yaitu:

Diketahui:

$$D = 20,37 \text{ meter}$$

$$E = 46,80 \text{ meter}$$

Jadi:

$$L = E - D$$

$$L = 46,80 - 20,37 \text{ meter} = 26,43 \text{ meter}$$

Hasil pengukuran yang telah dilakukan sebanyak 20 kali pengambilan data menggunakan sebuah meteran (alat ukur panjang) secara lebih jelas dapat dilihat dengan menggunakan tabel, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengukuran menggunakan meteran (alat ukur panjang)

No	Tanggal Pengukuran	Pengukuran dengan meteran (alat ukur panjang) (meter)
1	06 Desember 2010	26,43
2	07 Desember 2010	26,68
3	08 Desember 2010	27,49
4	09 Desember 2010	27,93
5	10 Desember 2010	27,92
6	13 Desember 2010	28,30
7	14 Desember 2010	28,85
8	15 Desember 2010	29,28
9	16 Desember 2010	30,00
10	17 Desember 2010	30,95
11	20 Desember 2010	31,75
12	21 Desember 2010	32,08
13	22 Desember 2010	32,87
14	23 Desember 2010	33,40
15	24 Desember 2010	34,30
16	27 Desember 2010	35,16
17	28 Desember 2010	36,03
18	29 Desember 2010	36,41
19	30 Desember 2010	37,19
20	31 Desember 2010	38,16

2) Pengukuran dengan silopilot FMM 760

Tahap kedua proses pengambilan data pengukuran dilakukan dengan menggunakan silopilot FMM 760. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur output keluaran dari silopilot FMM 760 dalam bentuk sinyal analog berupa arus 4-20 mA, dimana arus sebesar arus 4 mA mewakili ketinggian 0 meter sedangkan arus 20 mA mewakili ketinggian maksimum pengukuran (span) adalah 46,8 meter yaitu 48,8 meter (ketinggian silo terukur) dikurangi 2 meter (panjang probe *capacitance level detector*). Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan sebuah multimeter dengan cara diseri. Hasil pengukuran yang didapat adalah berupa sinyal analog dengan range antara 4-20 mA yang kemudian dikonversikan dalam bentuk meter.

Sebagai dasar perhitungan digunakan data yang telah diperoleh dari pengukuran ketinggian silo semen A dan data spesifikasi alat silopilot FMM 760, sebagai berikut:

- Ketinggian silo semen A : 48,80 meter
- Panjang *capacitance level detector*: 2 meter
- Jarak kosong (E)

(Ketinggian silo semen A – Panjang

capacitance level detector) : 48,80 – 2,00 meter = 46,80 meter

- Output analog silopilot FMM 760 : 4 - 20 mA

Hasil pengukuran dengan menggunakan silopilot FMM 760 adalah sebagai berikut:

1) Pengukuran ke-1 dilakukan pada tanggal 06 Desember 2010, yaitu:

Hasil pengukuran : 13,053 mA

Dikonversi kedalam meter, menjadi:

$$= \left(\frac{13,053 - 4 \text{ mA}}{16 \text{ mA}} \right) * 46,80 \text{ meter}$$

$$= \left(\frac{09,053 \text{ mA}}{16 \text{ mA}} \right) * 46,80 \text{ meter}$$

$$= 0,5658 * 46,80 \text{ meter}$$

$$= 26,48 \text{ meter}$$

Hasil pengukuran ketinggian material semen pada silo A dengan menggunakan alat silopilot FMM 760 , seperti ditunjukkan pada Tabel5.

Tabel 5 Hasil pengukuran menggunakan silopilot FMM 760

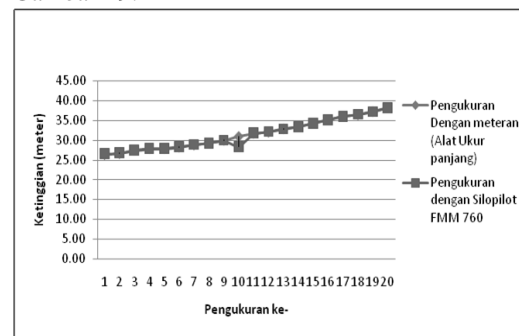
No	Tanggal Pengukuran	Pengukuran dengan silopilot FMM 760 (meter)
1	06 Desember 2010	26,48
2	07 Desember 2010	26,72
3	08 Desember 2010	27,45
4	09 Desember 2010	27,90
5	10 Desember 2010	27,88
6	13 Desember 2010	28,28
7	14 Desember 2010	28,79
8	15 Desember 2010	29,23
9	16 Desember 2010	29,95
10	17 Desember 2010	28,30
11	20 Desember 2010	31,77
12	21 Desember 2010	32,12
13	22 Desember 2010	32,85
14	23 Desember 2010	33,34
15	24 Desember 2010	34,25
16	27 Desember 2010	35,10
17	28 Desember 2010	35,97
18	29 Desember 2010	36,45
19	30 Desember 2010	37,13
20	31 Desember 2010	38,18

Hasil perbandingan pengukuran secara langsung dengan sebuah meteran (alat ukur panjang) dan silopilot FMM 760, seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil pengukuran menggunakan silopilot FMM 760 dan meteran (alat ukur panjang)

No	Tanggal Pengukuran	Pengukuran dengan silopilot FMM 760 (meter)	Pengukuran dengan meteran (alat ukur panjang) (meter)	Perbedaan hasil pengukuran (meter)
1	06 Desember 2010	26,48	26,43	0,05
2	07 Desember 2010	26,72	26,68	0,04
3	08 Desember 2010	27,45	27,49	0,04
4	09 Desember 2010	27,90	27,93	0,03
5	10 Desember 2010	27,88	27,92	0,04
6	13 Desember 2010	28,28	28,30	0,02
7	14 Desember 2010	28,79	28,85	0,06
8	15 Desember 2010	29,23	29,28	0,05
9	16 Desember 2010	29,95	30,00	0,05
10	17 Desember 2010	28,30	30,95	2,65
11	20 Desember 2010	31,77	31,75	0,02
12	21 Desember 2010	32,12	32,08	0,04
13	22 Desember 2010	32,85	32,87	0,02
14	23 Desember 2010	33,34	33,40	0,06
15	24 Desember 2010	34,25	34,30	0,05
16	27 Desember 2010	35,10	35,16	0,06
17	28 Desember 2010	35,97	36,03	0,06
18	29 Desember 2010	36,45	36,41	0,04
19	30 Desember 2010	37,13	37,19	0,06
20	31 Desember 2010	38,18	38,16	0,02

Dari Tabel 6 menunjukkan perbandingan antara pengukuran secara langsung dengan meteran (alat ukur panjang) dan silopilot FMM 760 yang dilakukan sebanyak 20 kali pengujian ternyata terdapat 1 kali hasil pengukuran yang menyimpang terlalu jauh yaitu berbeda 2,65 meter. Hasil penyimpangan yang terjadi dapat dilihat lebih jelas dengan sebuah grafik, seperti ditunjukkan pada Gambar 19.

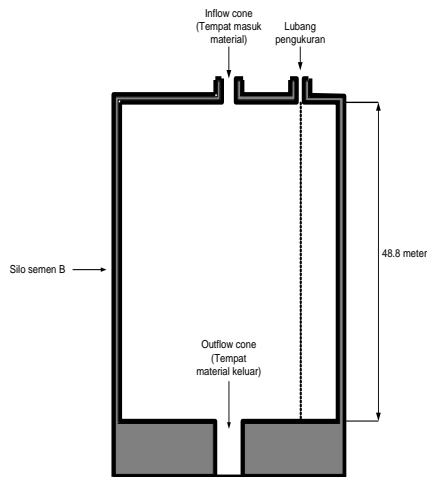


Gambar 19 Grafik perbandingan pengukuran silopilot FMM 760 dan meteran (alat ukur panjang)

3.2 Kinerja Micropilot M FMR250

3.2.1 Hasil pengukuran silo semen B

Hasil pengukuran ketinggian silo semen B serta cara pengambilan data, seperti ditunjukkan pada Gambar 20.

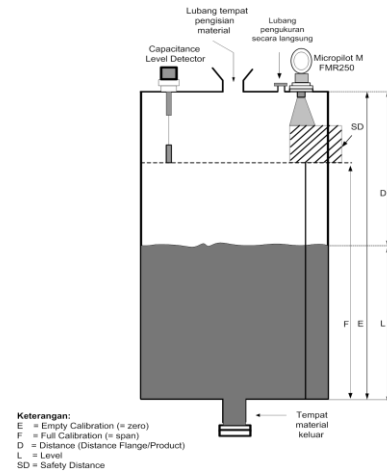


Gambar 20 Silo semen B tampak samping

Pengukuran ketinggian silo semen B dilakukan dengan menggunakan sebuah meteran (alat ukur panjang) dengan memasang sebuah pemberat atau bandul di ujungnya. Bandul yang digunakan adalah jenis bell weight. Bandul ini berbentuk kerucut dengan berat 4,3 kg dan terbuat dari bahan baja stainless steel bertujuan agar meteran tidak mengalami kendur sehingga diharapkan pengukuran yang diperoleh akan lebih akurat. Pengambilan data ini dilakukan pada saat silo sudah benar-benar kondisi kosong dan pada sebuah lubang pengukuran yang terletak disamping alat micropilot M FMR250.

3.2.2 Letak posisi sensor micropilot M FMR250

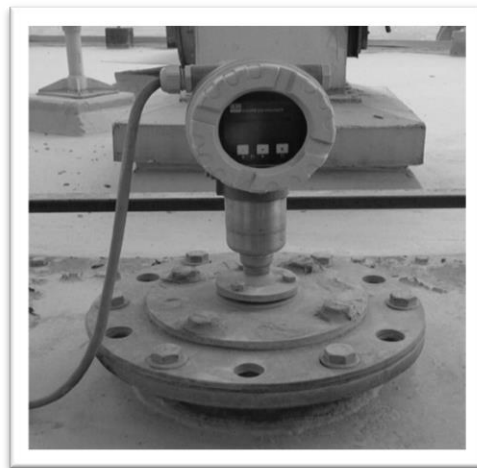
Letak posisi sensor micropilot M FMR250 yang terpasang pada silo semen B, seperti ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21 Letak posisi sensor Micropilot M FMR250 yang terpasang pada silo semen B

3.2.3 Pemasangan micropilot M FMR250

- 1) Proses pemasangan micropilot M FMR250 Hasil pemasangan micropilot M FMR250 yang terletak pada silo semen B, seperti ditunjukkan pada gambar 22.

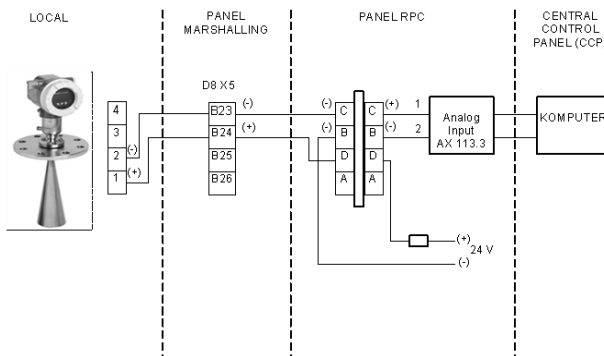


Gambar 22 Hasil pemasangan micropilot M FMR250 yang terpasang pada silo semen B

Micropilot M FMR250 dipasang di silo semen B yang yang terletak antara dinding silo dan lubang tempat pengisian material (*inflow cone*). Pemilihan jarak tersebut bertujuan menghindari supaya jangan terlalu dekat dengan dinding silo dan jangan terlalu dekat dengan *inflow cone* sehingga impuls radar yang dipancarkan akan bebas tidak terhalang dinding silo dan tidak terganggu proses pengisian semen di *inflow cone*.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

Micropilot M FMR250 terletak dilokal dengan koneksi hanya 2 kabel, karena menggunakan *sistem 2 wire*. Terminal 1 dan 2 yang dikoneksi sedangkan terminal 3 dan 4 digunakan untuk mengukur secara langsung output arus 4-20 mA. Dua kabel dari lokal terhubung ke panel *marshalling* pada terminal D8 X5 no B 23 dan 24. Selanjutnya terhubung ke panel RPC pada terminal input C dan D dan terminal output B dan C terhubung ke analog input AX 113.3. Koneksi selanjutnya adalah ke panel *Central Control Panel (CCP)* untuk diproses lebih lanjut dan ditampilkan oleh komputer dalam bentuk data informasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23 Diagram koneksi micropilot M FMR250

2) Proses penyetelan parameter micropilot M FMR250

Hal-hal yang dilakukan dalam proses penyetelan parameter micropilot M FMR250 adalah sebagai berikut:

- a. Penyetelan parameter “basic setup”.
- b. Penyetelan parameter “safety setting”
- c. Penyetelan parameter “linearisation”
- d. Penyetelan parameter “extended calibration”
- e. Penyetelan parameter “output”
- f. Penyetelan parameter “envelope curve”
- g. Penyetelan Parameter “display”
- h. Penyetelan parameter “diagnostics”
- i. Penyetelan parameter “system parameters”

3.2.4 Proses pengukuran ketinggian material dengan menggunakan meteran (alat ukur panjang) dengan micropilot M FMR250

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran (alat ukur panjang) dari lubang pengukuran sampai kepermukaan material. Sebagai dasar perhitungan digunakan data yang telah diperoleh dari pengukuran ketinggian silo semen B dan data spesifikasi alat silopilot FMM 760, sebagai berikut:

- Ketinggian silo semen A : 48,80 meter
- Panjang capacitance level detector : 2 meter
- Jarak kosong (E) (Ketinggian silo semen A – Panjang capacitance level detector) : 48,80 – 2,00 meter = 46,80 meter
- Output analog silopilot FMM 760 : 4 - 20 mA

Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk melakukan pengukuran dengan menggunakan persamaan (2.3). $L = E - D$

dengan : L = level, [meter];

E = Jarak kosong, [meter];

D = Jarak antara flange dengan material, [meter].

Tabel 7 Hasil pengukuran dengan meteran (alat ukur panjang)

No	Tanggal Pengukuran	Pengukuran dengan Meteran(Alat ukur panjang) (meter)
1	06 Desember 2010	34,00
2	07 Desember 2010	34,28
3	08 Desember 2010	34,53
4	09 Desember 2010	35,09
5	10 Desember 2010	35,00
6	13 Desember 2010	35,32
7	14 Desember 2010	35,69
8	15 Desember 2010	35,90
9	16 Desember 2010	40,87
10	17 Desember 2010	41,55
11	20 Desember 2010	41,02
12	21 Desember 2010	40,84
13	22 Desember 2010	38,65
14	23 Desember 2010	35,24
15	24 Desember 2010	34,85
16	27 Desember 2010	34,58
17	28 Desember 2010	34,12
18	29 Desember 2010	33,96
19	30 Desember 2010	33,82
20	31 Desember 2010	33,40

Pengukuran dengan micropilot M FMR250, pengukuran dilakukan dengan menggunakan micropilot M FMR250 dengan cara mengukur output keluaran dari micropilot M FMR250 dalam bentuk sinyal analog berupa arus 4-20 mA, dimana arus 4 mA mewakili ketinggian 0 meter sedangkan arus 20 mA mewakili ketinggian maksimum

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

pengukuran (span) adalah 46.8 meter yaitu 48.8 meter (ketinggian silo terukur) dikurangi 2 meter (panjang probe capacitance level detector). Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan sebuah multimeter dengan cara diseri. Hasil pengukuran yang didapat tersebut berupa sinyal analog dengan range antara 4-20 mA. Hasil pengukuran yang berupa arus tersebut kemudian dikonversikan dalam bentuk meter sehingga didapat hasil akhir dalam bentuk satuan meter.

Sebagai dasar perhitungan digunakan data yang telah diperoleh dari pengukuran ketinggian silo semen B dan data spesifikasi alat silopilot FMM 760, sebagai berikut:

- Ketinggian silo semen B : 48,80 meter
- Panjang capacitance level detector : 2 meter
- Jarak kosong (E)
(Ketinggian silo semen A – Panjang capacitance level detector) : 48,80 – 2,00 meter = 46,80 meter
- Output analog silopilot FMM 760 : 4 - 20 mA

Hasil pengambilan data pengukuran dengan menggunakan micropilot M FMR250 selama 20 kali secara lebih jelas ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil pengukuran dengan micropilot M FMR250

No	Tanggal Pengukuran	Pengukuran dengan micropilot M FMR250 (meter)
1	06 Desember 2010	33,97
2	07 Desember 2010	34,25
3	08 Desember 2010	34,51
4	09 Desember 2010	35,07
5	10 Desember 2010	39,82
6	13 Desember 2010	35,29
7	14 Desember 2010	35,66
8	15 Desember 2010	35,93
9	16 Desember 2010	40,85
10	17 Desember 2010	45,02
11	20 Desember 2010	40,99
12	21 Desember 2010	40,82
13	22 Desember 2010	44,60
14	23 Desember 2010	35,26
15	24 Desember 2010	34,82
16	27 Desember 2010	40,52
17	28 Desember 2010	34,14
18	29 Desember 2010	33,93
19	30 Desember 2010	33,80
20	31 Desember 2010	33,37

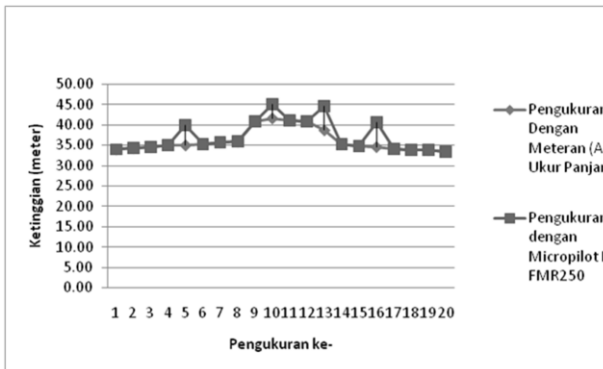
Hasil perbandingan pengukuran menggunakan micropilot M FMR250 dan pengukuran secara

langsung dengan sebuah meteran (alat ukur panjang), seperti ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil perbandingan pengukuran menggunakan micropilot M FMR250 dengan meteran (alat ukur panjang)

No	Tanggal Pengukuran	Pengukuran dengan micropilot M FMR250 (meter)	Pengukuran dengan Meteran (Alat ukur panjang) (meter)	Perbedaan hasil pengukuran (meter)
1	06 Desember 2010	33,97	34,00	0,03
2	07 Desember 2010	34,25	34,28	0,03
3	08 Desember 2010	34,51	34,53	0,02
4	09 Desember 2010	35,07	35,09	0,02
5	10 Desember 2010	39,82	35,00	4,82
6	13 Desember 2010	35,29	35,32	0,03
7	14 Desember 2010	35,66	35,69	0,03
8	15 Desember 2010	35,93	35,90	0,03
9	16 Desember 2010	40,85	40,87	0,02
10	17 Desember 2010	45,02	41,55	3,47
11	20 Desember 2010	40,99	41,02	0,03
12	21 Desember 2010	40,82	40,84	0,02
13	22 Desember 2010	44,60	38,65	5,95
14	23 Desember 2010	35,26	35,24	0,02
15	24 Desember 2010	34,82	34,85	0,03
16	27 Desember 2010	40,52	34,58	5,94
17	28 Desember 2010	34,14	34,12	0,02
18	29 Desember 2010	33,93	33,96	0,03
19	30 Desember 2010	33,80	33,82	0,02
20	31 Desember 2010	33,37	33,40	0,03

Hasil perbandingan tersebut ternyata terdapat beberapa perbedaan hasil pengukuran. Perbedaan hasil pengukuran secara langsung dengan meteran (alat ukur panjang) dan micropilot M FMR250 yang telah dilakukan selama 20 kali pengujian setelah diamati ternyata diperoleh data 4 kali hasil pengukuran yang menyimpang terlalu jauh yaitu berbeda 4,82 , 3,47 , 5,95, 5,94 meter. Hasil penyimpangan yang terjadi dapat dilihat lebih jelas dengan sebuah grafik, seperti ditunjukkan pada gambar 24.



Gambar 24 Grafik perbandingan pengukuran micropilot M FMR 250 dengan meteran (alat ukur panjang)

3.3 Perbandingan Kinerja

3.3.1 Tingkat ketelitian dan persentase kesalahan silopilot FMM 760

Setelah dilakukan pengujian pada silopilot FMM 760 dan dibandingkan dengan pengukuran secara langsung dengan meteran (alat ukur panjang) maka dapat diketahui ketelitian silopilot FMM 760 dengan melihat persentase kesalahan yang terjadi. Presentasi kesalahan yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6., sebagai berikut:

$$Pe_r = \frac{e_t}{x_t} \times 100\%$$

dengan:

Pe_r = Persentase kesalahan relatif, [%];

e_t = Nilai kesalahan, [meter];

x_t = Nilai sebenarnya, [meter].

Tingkat ketelitian dan persentase kesalahan silopilot FMM 760, seperti ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Tingkat ketelitian dan persentase kesalahan silopilot FMM 760

No	Tanggal pengukuran	Pengukuran dengan silopilot FMM 760 (meter)	Pengukuran dengan meteran (alat ukur panjang) (meter)	Perbedaan hasil pengukuran (meter)	Error (%)	Toleransi (%)
1	06 Desember 2010	26,48	26,43	0,05	0,19	0,2
2	07 Desember 2010	26,72	26,68	0,04	0,15	0,2
3	08 Desember 2010	27,45	27,49	0,04	0,14	0,2
4	09 Desember 2010	27,90	27,93	0,03	0,10	0,2
5	10 Desember 2010	27,88	27,92	0,04	0,14	0,2
6	13 Desember 2010	28,28	28,30	0,02	0,07	0,2
7	14 Desember 2010	28,79	28,85	0,06	0,20	0,2
8	15 Desember 2010	29,23	29,28	0,05	0,17	0,2
9	16 Desember 2010	29,95	30,00	0,05	0,16	0,2
10	17 Desember 2010	28,30	30,95	2,65	8,56	0,2
11	20 Desember 2010	31,77	31,75	0,02	0,06	0,2
12	21 Desember 2010	32,12	32,08	0,04	0,12	0,2
13	22 Desember 2010	32,85	32,87	0,02	0,06	0,2
14	23 Desember 2010	33,34	33,40	0,06	0,18	0,2
15	24 Desember 2010	34,25	34,30	0,05	0,14	0,2
16	27 Desember 2010	35,10	35,16	0,06	0,17	0,2
17	28 Desember 2010	35,97	36,03	0,06	0,16	0,2
18	29 Desember 2010	36,45	36,41	0,04	0,11	0,2
19	30 Desember 2010	37,13	37,19	0,06	0,16	0,2
20	31 Desember 2010	38,18	38,16	0,02	0,05	0,2

Hasil perbandingan kinerja yang diperoleh selama 20 kali pengujian terhadap silopilot FMM 760 dan dibandingkan dengan hasil pengukuran secara langsung dengan sebuah meteran (alat ukur panjang) ternyata terdapat 1 kali data hasil pengukuran yang menyimpang melebihi nilai toleransi yang ditetapkan yaitu 0,2%. Kesalahan hasil pengukuran yang melebihi nilai toleransi terjadi pada hasil pengujian yang ke-10 dengan penyimpangan sebesar 8,56%.

3.3.2 Tingkat ketelitian dan persentase kesalahan micropilot M FMR250

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada micropilot M FMR250 dan dibandingkan dengan pengukuran secara langsung menggunakan meteran (alat ukur panjang) maka dapat diketahui ketelitian micropilot M FMR250 dengan melihat persentase kesalahan yang terjadi. Presentasi kesalahan yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6. sebagai berikut:

$$Pe_r = \frac{e_t}{x_t} \times 100\%$$

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

dengan:

Pe_r = Persentase kesalahan relatif, [%];

e_t = Nilai kesalahan, [meter];

x_t = Nilai sebenarnya, [meter].

Tingkat ketelitian dan persentase kesalahan micropilot M FMR250, seperti ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Tingkat ketelitian dan persentase kesalahan micropilot M FMR 250

No	Tanggal Pengukuran	Pengukuran dengan micropilot M FMR250 (meter)	Pengukuran dengan Meteran (Alat ukur panjang) (meter)	Perbedaan hasil pengukuran (meter)	Error (%)	Tol
1	06 Desember 2010	33,97	34,00	0,03	0,08	0
2	07 Desember 2010	34,25	34,28	0,03	0,08	0
3	08 Desember 2010	34,51	34,53	0,02	0,05	0
4	09 Desember 2010	35,07	35,09	0,02	0,05	0
5	10 Desember 2010	39,82	35,00	4,82	13,77	0
6	13 Desember 2010	35,29	35,32	0,03	0,08	0
7	14 Desember 2010	35,66	35,69	0,03	0,08	0
8	15 Desember 2010	35,93	35,90	0,03	0,08	0
9	16 Desember 2010	40,85	40,87	0,02	0,05	0
10	17 Desember 2010	45,02	41,55	3,47	8,35	0
11	20 Desember 2010	40,99	41,02	0,03	0,07	0
12	21 Desember 2010	40,82	40,84	0,02	0,05	0
13	22 Desember 2010	44,60	38,65	5,95	15,39	0
14	23 Desember 2010	35,26	35,24	0,02	0,05	0
15	24 Desember 2010	34,82	34,85	0,03	0,08	0
16	27 Desember 2010	40,52	34,58	5,94	17,17	0
17	28 Desember 2010	34,14	34,12	0,02	0,06	0
18	29 Desember 2010	33,93	33,96	0,03	0,08	0
19	30 Desember 2010	33,80	33,82	0,02	0,06	0
20	31 Desember 2010	33,37	33,40	0,03	0,09	0

Hasil yang didapat selama 20 kali pengujian terjadi 4 kali hasil data pengukuran yang menyimpang melebihi nilai toleransi yang ditetapkan yaitu 0,1%. Kesalahan hasil pengukuran yang melebihi nilai toleransi terjadi pada pengujian yang ke-5, 10, 13, dan 16 dengan *error* sebesar 13,77%, 8,35%, 15,39%, dan 17,17%.

3.3.3 Perbandingan nilai

Tingkat ketelitian dan persentase kesalahan dapat diketahui setelah dilakukan pengujian terhadap silopilot FMM 760 dan micropilot M FMR250. Data perbandingan tingkat kesalahan antara silopilot FMM760 dengan micropilot M FMR250, seperti ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Perbandingan tingkat kesalahan antara silopilot FMM 760 dan micropilot M FMR250

No	Tanggal Pengukuran	Silopilot FMM 760		Micropilot M FMR250	
		Error (%)	Toleransi (%)	Error (%)	Toleransi (%)
1	06 Desember 2010	0,19	0,20	0,08	0,10
2	07 Desember 2010	0,15	0,20	0,08	0,10
3	08 Desember 2010	0,14	0,20	0,05	0,10
4	09 Desember 2010	0,10	0,20	0,05	0,10
5	10 Desember 2010	0,14	0,20	13,77	0,10
6	13 Desember 2010	0,07	0,20	0,08	0,10
7	14 Desember 2010	0,20	0,20	0,08	0,10
8	15 Desember 2010	0,17	0,20	0,08	0,10
9	16 Desember 2010	0,16	0,20	0,05	0,10
10	17 Desember 2010	8,56	0,20	8,35	0,10
11	20 Desember 2010	0,06	0,20	0,07	0,10
12	21 Desember 2010	0,12	0,20	0,05	0,10
13	22 Desember 2010	0,06	0,20	15,39	0,10
14	23 Desember 2010	0,18	0,20	0,05	0,10
15	24 Desember 2010	0,14	0,20	0,08	0,10
16	27 Desember 2010	0,17	0,20	17,17	0,10
17	28 Desember 2010	0,16	0,20	0,05	0,10
18	29 Desember 2010	0,11	0,20	0,08	0,10
19	30 Desember 2010	0,16	0,20	0,06	0,10
20	31 Desember 2010	0,05	0,20	0,09	0,10

Hasil pengujian kedua alat tersebut jika dibandingkan ternyata persentase kesalahan yang terjadi pada silopilot FMM 760 lebih sedikit dibandingkan dengan micropilot M FMR250 yaitu 1 banding 4. Hal ini berarti bahwa selama dilakukan 20 kali pengujian hasil pengukuran pada silopilot FMM 760 hanya terjadi 1 kali penyimpangan yang melebihi nilai toleransi, sedangkan micropilot M FMR250 terjadi 4 kali penyimpangan yang melebihi nilai toleransi.

4. KESIMPULAN

Mengacu pada hasil dan bahasan, maka Kinerja yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan silopilot FMM 760 selama 20 kali pengambilan data pengukuran yaitu terjadi 1 kali penyimpangan atau kesalahan yang melebihi nilai toleransi yang ditetapkan yaitu 0,2%. Nilai kesalahan tersebut sebesar 8,56%. Kinerja yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan micropilot M FMR250 selama 20 kali pengambilan data pengukuran yaitu terjadi 4 kali penyimpangan atau kesalahan yang melebihi nilai toleransi yang ditetapkan yaitu 0,1%. Nilai kesalahan tersebut sebesar 13,77%, 8,35%, 15,39%, dan 17,17%. Hasil perbandingan kinerja antara kedua alat ukur tersebut diperoleh 1 kesalahan untuk silopilot FMM 760 dan 4 kesalahan untuk micropilot M FMR250, sehingga untuk mengukur material semen dengan faktor debu dan angin yang ekstrim silopilot FMM 760 lebih akurat dibanding dengan micropilot M FMR250.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ____, ____, Book Of Training Calon Karyawan PT Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk, Industrial Relation Division Training Development Department, Citeureup, Bogor, 2000.
- [2] ____, ____, Book Of Measurement and Control, *Silo Pilot FMM 760 Electro-Mechanical Measuring System*, Endress+Hauser Company, Maulburg, 1992.
- [3] [http://www.amjequipment.com/eh/manuals/level/FMM 760](http://www.amjequipment.com/eh/manuals/level/FMM%20760), 01 Desember 2010.
- [4] ____, ____, *Book Of Capacitive Level Limit Switch Nivotester FTC 471/421/422*, Limit Switches In Minipac For Liquids And Bulk Solids, Endress+Hauser, Maulburg, 1992.
- [5] Widayat, Wahyu, Measuring Instrument, Technical Training Section Training & Development Departement, PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, 2002.
- [6] ____, ____, *Book Of Electromechanical Level Measurement System Controller ZAD*, Control Unit And Signal Converter For The Silo Pilot FMM Level Measurement Transmitter, Endress+Hauser Company, Maulburg, 1992.
- [7] Idham Dharwis, *Pengenalan Distributed Control System*, Technical Training Section Training&development Departement, PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, 2001.
- [8] ____, ____, Book Of Micropilot M FMR250, level Radar, Smart transmitter For Continuous and non-contact level measurement in solids, Endress+Hauser, Maulburg, 2007.
- [9] <http://www.endrees.com/eh/home.nsf/#product/FMR250>, 01 Desember 2010.
- [10] <http://www.scribd.com/konsep> kesalahan pengukuran, 01 Desember 2010.