

Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Menggunakan LabVIEW, CONTROLLER NI cRIO-9022, dan DTM-151 Digital Teslameter

Musaffiriyani Rasyid Ghoni^{*1}, Andi Dharmawan², Slamet Santosa³

¹Program Studi Elektronika dan Instrumentasi

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

³Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN, Yogyakarta

e-mail: ^{*1}musaffiriyani.rg@gmail.com, ²dharmawan.andi@gmail.com, ³santosa@batan.go.id

Abstrak

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN Yogyakarta sedang mengembangkan sistem pengukuran medan magnet untuk alat siklotron. Pengukuran medan magnet pada siklotron diperlukan untuk mengetahui besar dan arah dari medan magnet. Sistem ini menggunakan LabVIEW untuk membuat aplikasi antarmuka (HMI) dan pemrograman sistem. Implementasi fungsi kendali menggunakan controller NI cRIO-9022 yang dirangkai dengan modul NI 9512, yang akan mengatur kerja komponen penggerak, yaitu stepper motor. Implementasi fungsi akuisisi data menggunakan DTM-151 Digital Teslameter untuk mengukur kuat medan magnet. Pengukuran menggunakan bidang koordinat kartesian (x,y).

Sebuah magnet permanen digunakan sebagai objek uji pengukuran. Ukuran magnet uji lebih kecil dari dimensi pengukuran sistem sehingga dimensi pengukuran terhadap bidang magnet dibuat berukuran (100 x 100) mm. Koordinat posisi awal teslameter 1 dan teslameter 2, secara berurutan, adalah (430,720) dan (430,240). Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali (2 posisi magnet yang berbeda). Masing-masing pengujian dilakukan 3 kali pengukuran sehingga didapatkan 6 file data. Dari jumlah file data tersebut didapatkan jumlah data dengan rata-rata 1.117 data setiap file-nya. Kecepatan putar motor yang digunakan saat pengujian adalah 25 mm/s. Laju pembacaan data sebesar 10 data/s, interval dari perubahan posisi ketika motor berputar bernilai 2,5 mm.

Kata kunci—sistem pengukuran medan magnet, LabVIEW, controller, teslameter, stepper motor, metode kendali on-off, komunikasi serial.

Abstract

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN Yogyakarta currently developing a magnetic field measurement system for cyclotron machine. Magnetic field measurement on cyclotron is required to determine the magnitude and direction of the magnetic field.

The system used LabVIEW to create an interface application (HMI) and system programming. The control function implemented by using controller NI cRIO-9022 combined with NI 9512 module, which would controlling the motion component, that is the stepper motor. The acquisition data function implemented by using DTM-151 Digital Teslameter to measure the magnetic field. The measurement works within the cartesian coordinate plane (x,y).

A permanent magnet was used as the measurement trial object. The size of the magnet was smaller than measurement dimension of the system therefore the measurement dimension of the magnetic plane was made with the size of (100 x 100) mm. The initial position coordinate of the teslameter 1 and teslameter 2, respectively, set at (430,720) and (430,240). The trial was executed 2 times (2 different magnet position). Each trial consist of 3 times measurement, so there's 6 data file obtained. On those data file, there's an average of 1.117 data on each file. The motor speed was set on 25 mm/s. The data reading speed was set on 10 data/s, which would caused a 2,5 mm interval on one single data.

Keywords—magnetic field measurement system, LabVIEW, controller, teslameter, stepper motor, on-off control metode, serial communication.

1. PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN Yogyakarta sedang meneliti dan mengembangkan sistem pengukuran medan magnet untuk alat siklotron. Siklotron merupakan sebuah akselerator untuk mempercepat gerak dari sebuah partikel bermuatan. Dalam piranti siklotron, percepatan gerak partikel dipengaruhi oleh medan listrik dan induksi medan magnet yang timbul dari kumparan. Produk yang diperoleh dari penggunaan siklotron adalah partikel bermuatan dengan tingkat energi cukup besar hingga mencapai 100 MeV [1]. Pemanfaatan dari energi yang dihasilkan dapat digunakan dalam berbagai bidang misalnya terapi radiasi, rekayasa bahan, sterilisasi dan masih banyak aplikasi lainnya [2].

Selama siklotron beroperasi akan terjadi kenaikan temperatur pada penampang penghantar arus kumparan. Kenaikan temperatur pada penghantar arus kumparan diakibatkan oleh kebocoran arus listrik yang kemudian menimbulkan panas. Kenaikan temperatur penghantar listrik berbanding lurus dengan kenaikan tahanan listrik. Jika temperatur penghantar arus kumparan naik, maka tahanan listrik pada penghantar juga akan naik. Kenaikan nilai tahanan listrik pada penghantar akan menyebabkan nilai arus kumparan menurun pada kondisi tegangan listrik yang tetap. Perubahan nilai arus kumparan mengakibatkan besaran induksi magnetik menjadi tidak stabil. Kestabilan medan magnet dalam siklotron harus dijaga untuk menghasilkan percepatan gerak partikel yang optimal [3].

Pengukuran medan magnet pada siklotron diperlukan untuk mengetahui besar dan arah dari medan magnet yang digunakan dalam mesin siklotron. Pengukuran ini menggunakan sistem pemetaan medan magnet untuk mengetahui distribusi medan magnet pada mesin siklotron [4]. Sistem untuk mengukur medan magnet dibuat dengan tujuan untuk mempermudah, mempercepat, serta mengoptimalkan pengukuran yang dilakukan dalam dimensi pengukuran yang luas dan orde dimensi pengukuran yang kecil (contohnya, dimensi pengukuran dalam satuan mm).

Terdapat dua fungsi utama dari sistem pengukuran tersebut, yaitu akuisisi data dan kendali sistem pengukuran. Fungsi akuisisi data bertugas mengambil informasi data dari obyek pengukuran. Untuk merepresentasikan fungsi ini, pada sistem pengukuran digunakan sebuah sensor magnet sebagai pendeteksi kuat medan magnet. Sedangkan fungsi kendali bertugas mengatur proses atau kerja dari sistem pengukuran. Dalam sistem pengukuran medan magnet, fungsi kendali akan diterapkan dalam sistem. Hal-hal yang akan dikendalikan dalam sistem pengukuran adalah perubahan posisi pengukuran dalam sistem koordinat kartesian. Untuk mendukung fungsi tersebut digunakan sebuah aktuator, yaitu motor *stepper* [5].

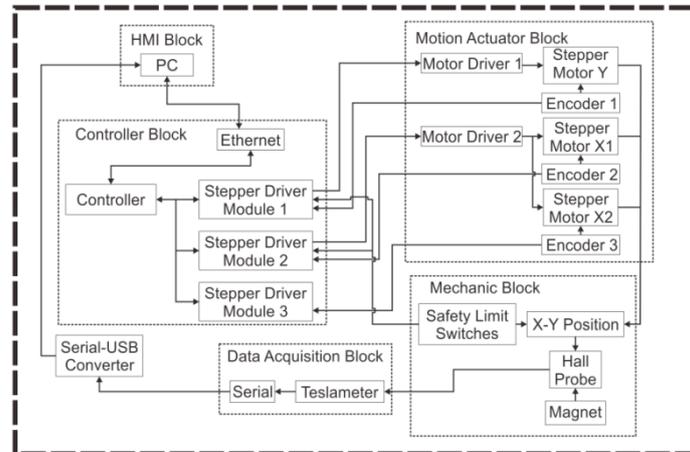
Pada tahun 2011, PTAPB BATAN telah melaksanakan sebuah penelitian yang dimaksudkan untuk merintis penelitian yang sedang dilakukan saat ini. Pada penelitian tersebut telah dibuat simulasi sistem pengukuran medan magnet dengan menggunakan PLC T100MD1616+ sebagai *controller*-nya [3]. Penelitian tersebut juga dimaksudkan sebagai uji coba implementasi dari algoritme pemrograman yang bertugas mengendalikan sistem pengukuran medan magnet. Berdasarkan penjelasan serta penelitian referensi yang sudah disebutkan, penelitian ini dilaksanakan sebagai upaya untuk membuat sebuah sistem pengukuran medan magnet.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Analisis dan Perancangan Sistem

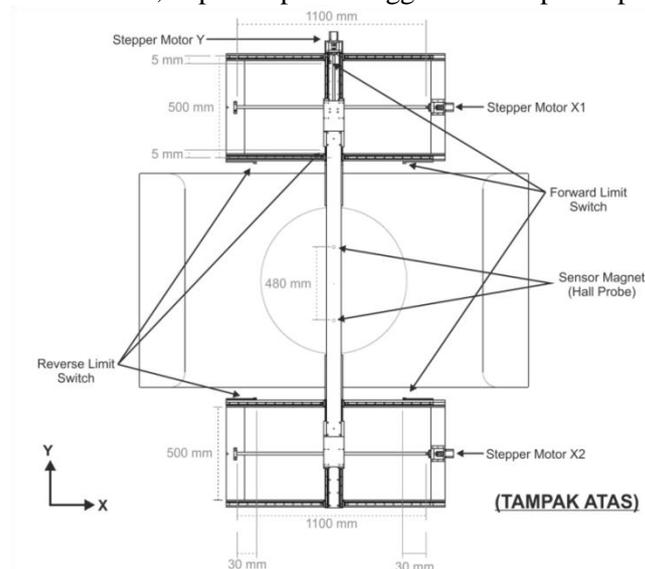
Penelitian yang dilakukan adalah merancang dan membangun sistem pengukuran medan magnet. Pengukuran medan magnet dilakukan dengan cara memetakan (*mapping*) kuat medan magnet dari setiap titik koordinat pada sumbu-x dan sumbu-y yang terdapat pada sebuah bidang magnet. Pola pemetaan akan mengikuti pola yang diterapkan dalam algoritme pemrograman sistem. Gambar 1 merupakan blok diagram dari sistem secara keseluruhan. Sistem

dibagi menjadi beberapa blok fungsi yang masing-masing mempunyai tugas yang berbeda, antara lain *Controller Block*, *Motion Actuator Block*, *Data Acquisition Block*, *Mechanic Block*, dan *HMI Block*.



Gambar 1 Blok diagram perangkat keras sistem secara keseluruhan

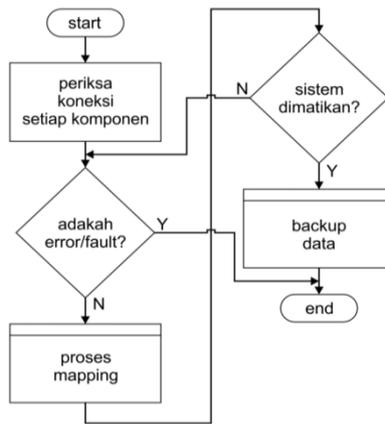
Perancangan sistem mekanik yang digunakan dalam sistem terlihat dalam Gambar 2. Motor *stepper* adalah bagian penggerak dari sistem mekanik. Terdapat 2 motor pada sumbu-x dan 1 motor pada sumbu-y. Motor tersebut digunakan untuk memutar *ball-screw* yang terpasang pada masing-masing sumbu. Dua buah *ball-screw* yang terdapat pada sumbu-x, yang memiliki gerigi dengan jarak puncak-ke-puncak sebesar 10 mm, dapat berputar hingga 10 mm tiap putaran. Sedangkan *ball-screw* yang terdapat pada sumbu-y, yang memiliki gerigi dengan jarak puncak-ke-puncak sebesar 5 mm, dapat berputar hingga 5 mm tiap satu putaran.



Gambar 2 Perangkaian sistem mekanik

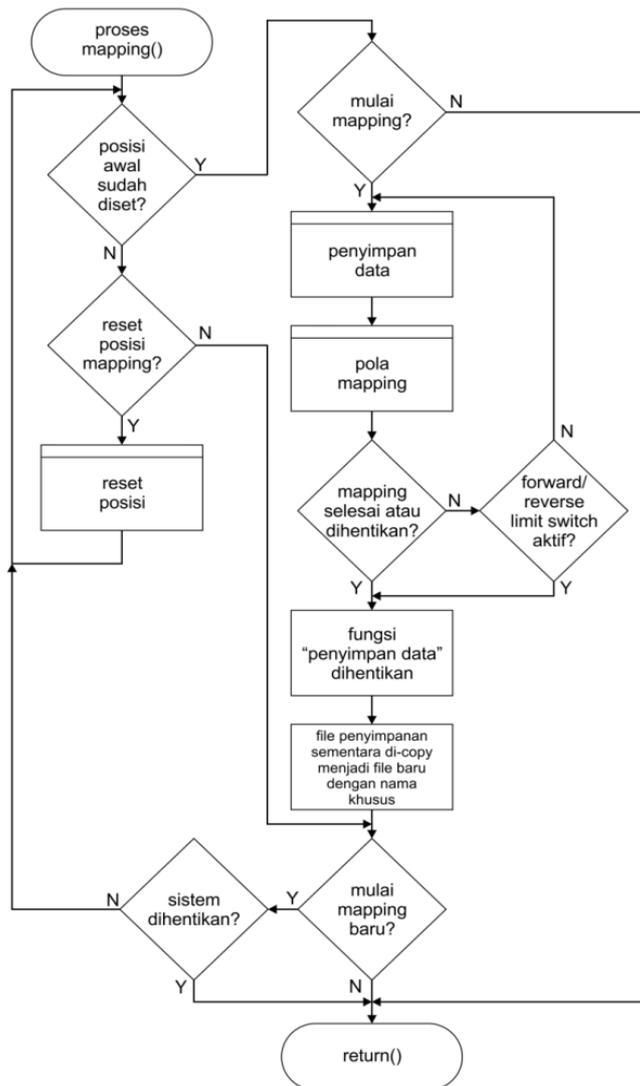
2.2. Implementasi Sistem

Controller yang digunakan dalam sistem pengukuran medan magnet ini adalah *controller* NI cRIO-9022 ditambah dengan modul NI 9512 untuk pengatur fungsi gerakan *mapping*. Sensor magnet yang digunakan untuk membaca kuat medan magnet menggunakan sebuah *teslameter* DTM-151 *Digital Teslameter* dengan *hall probe* MPT-141. Pembuatan media antarmuka atau HMI (*Human Machine Interace*) dilakukan dengan menggunakan program LabVIEW. Sistem akan melaksanakan proses *mapping* berdasarkan *flowchart* yang terlihat dalam Gambar 3.



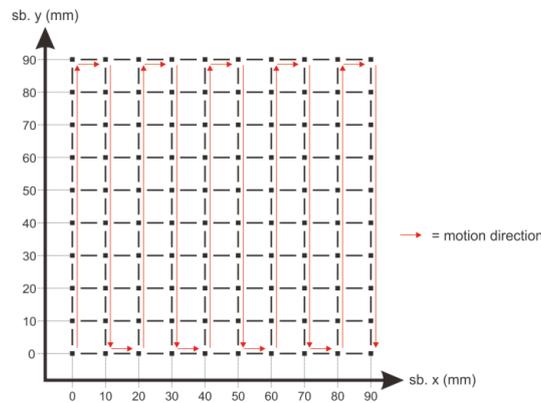
Gambar 3 Flowchart dari sistem secara keseluruhan

Berdasarkan *flowchart* yang ditampilkan dalam Gambar 3, fungsi utama dari sistem pengukuran medan magnet diatur dalam fungsi Proses Mapping. *Flowchart* dari fungsi Proses Mapping dapat dilihat dalam Gambar 4.



Gambar 4 Flowchart dari fungsi Proses Mapping

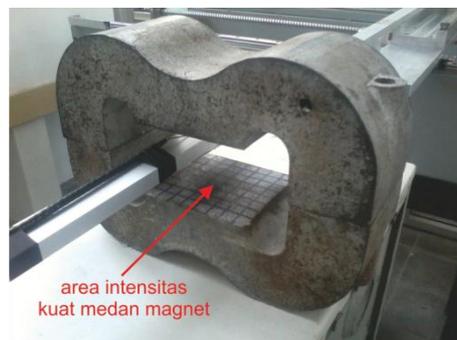
Pada saat melakukan proses mapping, sistem akan memutar motor untuk menggerakkan sensor magnet mengikuti sebuah pola. Pola gerakan yang diterapkan dalam sistem ini terlihat dalam Gambar 5.



Gambar 5 Ilustrasi pola pemetaan medan magnet

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem pengukuran medan magnet secara keseluruhan termasuk penggunaan magnet uji coba sebagai uji coba sebelum nantinya sistem ini digunakan untuk mengukur magnet yang akan digunakan untuk mesin siklotron. Magnet uji coba yang digunakan adalah sebuah magnet permanen, namun hingga pengujian ini dilaksanakan tidak dokumentasi mengenai spesifikasi yang pasti dari magnet tersebut. Dengan pengukuran manual menggunakan *teslameter* di bagian tengah magnet didapatkan nilai rata-rata maksimum kuat medan magnet adalah $\pm 0,1$ Tesla. Gambar 6 menunjukkan area yang memiliki intensitas kuat magnet lebih besar dibanding bagian lainnya dari magnet.

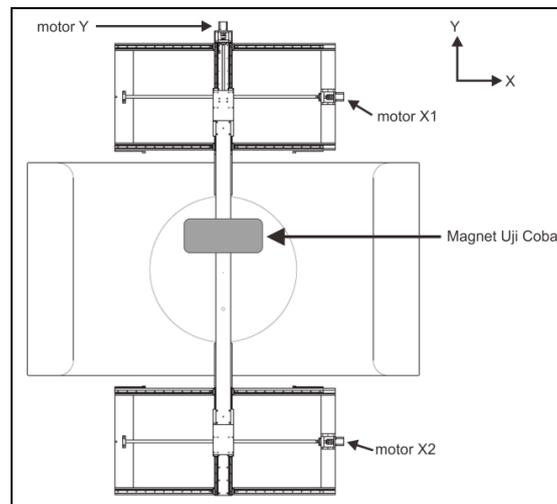


Gambar 6 Area intensitas kuat medan magnet

Pengujian ini akan dibagi menjadi 2 pengujian dengan didasarkan pada peletakan posisi magnet terhadap 2 probe yang dimiliki sistem ini. Masing-masing pengujian akan dilakukan sebanyak 3 kali proses mapping, dimana dari data yang didapatkan akan dilihat perbedaan pembacaan kuat medan magnet di antara kedua probe. Sebagaimana terlihat pada Gambar 6, area berbentuk persegi memiliki ukuran $\pm (80 \times 70)$ mm dan telah diberi garis adalah area yang termasuk dalam area pengukuran. Dimensi pengukuran sendiri dibuat dengan ukuran (100 x 100) mm. Kecepatan motor yang digunakan adalah 25 mm/s.

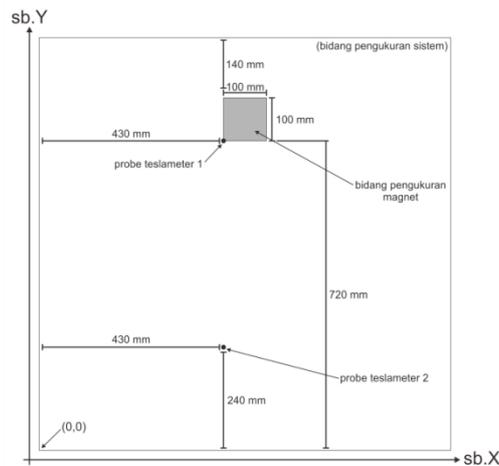
Pengujian yang pertama, magnet diposisikan pada daerah *probe teslameter* yang berada dekat dengan motor X1 (*teslameter* 1). Gambar 7 menunjukkan ilustrasi peletakan posisi magnet pada pengujian 1 ini, sedangkan denah dari posisi magnet relatif terhadap posisi (0,0) dari sistem dapat dilihat pada Gambar 8. Koordinat posisi awal dari pengujian 1 ini untuk *probe*

teslameter 1 adalah (430, 720), sedangkan koordinat posisi awal *probe teslameter* 2 adalah (430,240).



Gambar 7 Ilustrasi peletakan posisi magnet pada pengujian 1

Magnet akan diukur oleh *probe teslameter* 1. *Probe teslameter* 2 dikondisikan tanpa objek pengukuran dan digunakan sebagai pembandingan data yang terbaca pada *probe teslameter* 1. Setelah diposisikan sesuai dengan Gambar 7 dan Gambar 8, proses *mapping* dijalankan hingga tercapai jumlah 3 kali proses *mapping* yang telah direncanakan.



Gambar 8 Denah posisi magnet pada pengujian 1

Dari 3 kali proses *mapping* tersebut kemudian didapatkan 3 buah *file* data (Data1.txt, Data2.txt, dan Data3.txt). Data1.txt berisi 1.117 data, Data2.txt berisi 1.113 data, dan Data3.txt berisi 1.116 data. Ketiga *file* data dapat dilihat secara lengkap pada bagian lampiran laporan ini. Tabel 1 menunjukkan cuplikan data dari *file* data Data1.txt yang didapatkan dari pengujian ini. Setelah dibandingkan dari kelima *file* data tersebut, disimpulkan bahwa secara keseluruhan *probe teslameter* 1 yang berada pada area pengukuran memiliki nilai data yang lebih besar daripada *probe teslameter* 2 yang tidak berada pada area pengukuran. Pada daerah yang berada di sekitar koordinat (480,750) atau berada di tengah area pengukuran didapatkan kuat medan magnet yang lebih besar dibandingkan dengan daerah tepian area pengukuran. Hal ini mengindikasikan adanya konsistensi pengujian dibandingkan dengan pengukuran manual yang telah dilakukan. Pengujian ini juga menunjukkan bahwa *probe teslameter* 1 yang digunakan dalam area pengukuran telah dapat bekerja dan dapat melakukan pengukuran dengan baik.

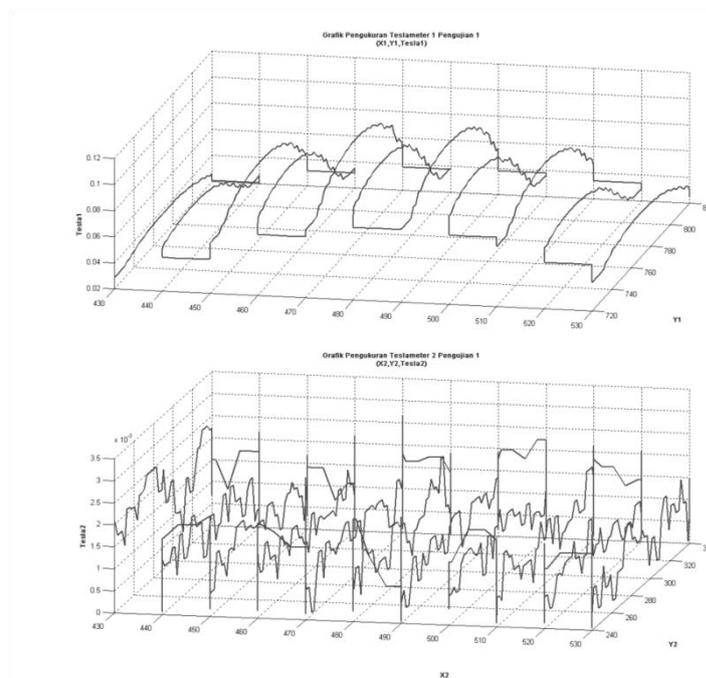
Sebagai penggambaran untuk data dari Data1.txt dibuat grafik dengan menggunakan MATLAB dengan menggunakan perintah “plot”, seperti yang terlihat pada Gambar 9.

Tabel 1 Data Pengujian 1 (Data1.txt)

No	Waktu Pengambilan Data		Data Posisi [X,Y] (mm)				Data Kuat Medan Magnet (Tesla)	
			Posisi X1	Posisi Y1	Posisi X2	Posisi Y2	Teslameter 1 (Kiri)	Teslameter 2 (Kanan)
1	31/07/2013	13:52:37	430.00	720.00	430.00	240.00	0.0289561	0.0020274
2	31/07/2013	13:52:37	430.00	720.00	430.00	240.00	0.0289561	0.0020274
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
564	31/07/2013	13:53:33	480.00	760.15	480.00	280.15	0.1004645	0.0013781
565	31/07/2013	13:53:33	480.00	757.65	480.00	277.65	0.1009341	0.0004784
566	31/07/2013	13:53:33	480.00	755.15	480.00	275.15	0.1009341	0.0004784
567	31/07/2013	13:53:33	480.00	752.65	480.00	272.65	0.1015828	0.0008205
568	31/07/2013	13:53:33	480.00	750.15	480.00	270.15	0.1015828	0.0008205
569	31/07/2013	13:53:33	480.00	747.40	480.00	267.40	0.1015885	0.0008195
570	31/07/2013	13:53:33	480.00	745.15	480.00	265.15	0.1014158	0.0006690
571	31/07/2013	13:53:34	480.00	742.65	480.00	262.65	0.1014158	0.0006690
572	31/07/2013	13:53:34	480.00	740.15	480.00	260.15	0.1010526	0.0012345
573	31/07/2013	13:53:34	480.00	737.65	480.00	257.65	0.0997227	0.0012332
574	31/07/2013	13:53:34	480.00	735.15	480.00	255.15	0.0997227	0.0012332
575	31/07/2013	13:53:34	480.00	732.65	480.00	252.65	0.0977022	0.0014033
576	31/07/2013	13:53:34	480.00	730.15	480.00	250.15	0.0977022	0.0014033

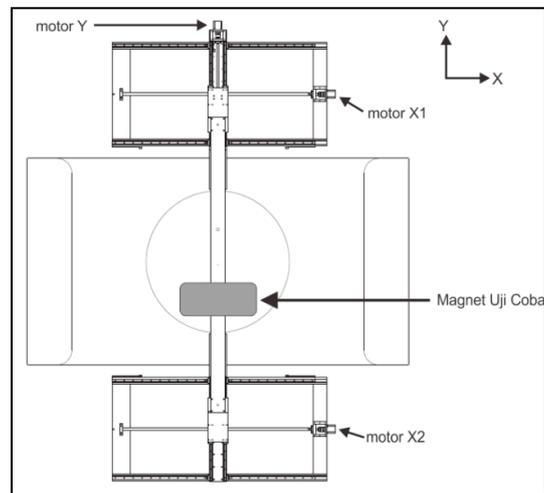
(lanjutan)

577	31/07/2013	13:53:34	480.00	727.65	480.00	247.65	0.0962182	0.0004617
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1116	31/07/2013	13:54:28	530.00	820.00	530.00	340.00	0.0247562	0.0011657
1117	31/07/2013	13:54:28	530.00	820.00	530.00	340.00	0.0247550	0.0004788



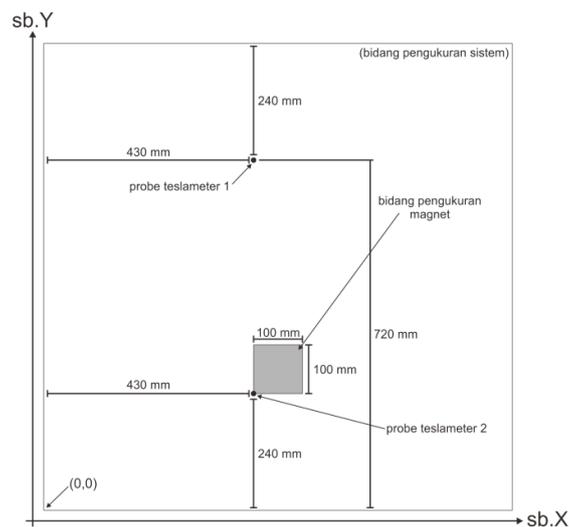
Gambar 9 Grafik data dari pengujian 1

Pengujian yang kedua dilakukan dengan langkah yang sama seperti pengujian 1. Magnet dipesisakan sesuai dengan ilustrasi Gambar 10. Berkebalikan dengan pengujian 1, dimana *probe teslameter* 1 yang mengukur magnet, pengujian ini yang mengukur magnet adalah *probe teslameter* 2. *Probe teslameter* 1 dikondisikan tanpa objek pengukuran dan digunakan sebagai pembanding data yang terbaca pada *probe teslameter* 2.



Gambar 10 Ilustrasi peletakan posisi magnet pada pengujian 2

Sama seperti pada pengujian 1, koordinat posisi awal dari pengujian 1 ini untuk *probe teslameter* 1 adalah (430, 720), sedangkan koordinat posisi awal *probe teslameter* 2 adalah (430,240). Denah dari posisi magnet relatif terhadap posisi (0,0) sistem dapat dilihat pada Gambar 11. Setelah ditempatkan pada posisi yang diinginkan, sebanyak 3 kali proses mapping dijalankan sama dengan yang telah dilakukan pada pengujian 1.



Gambar 11 Denah posisi magnet pada pengujian 2

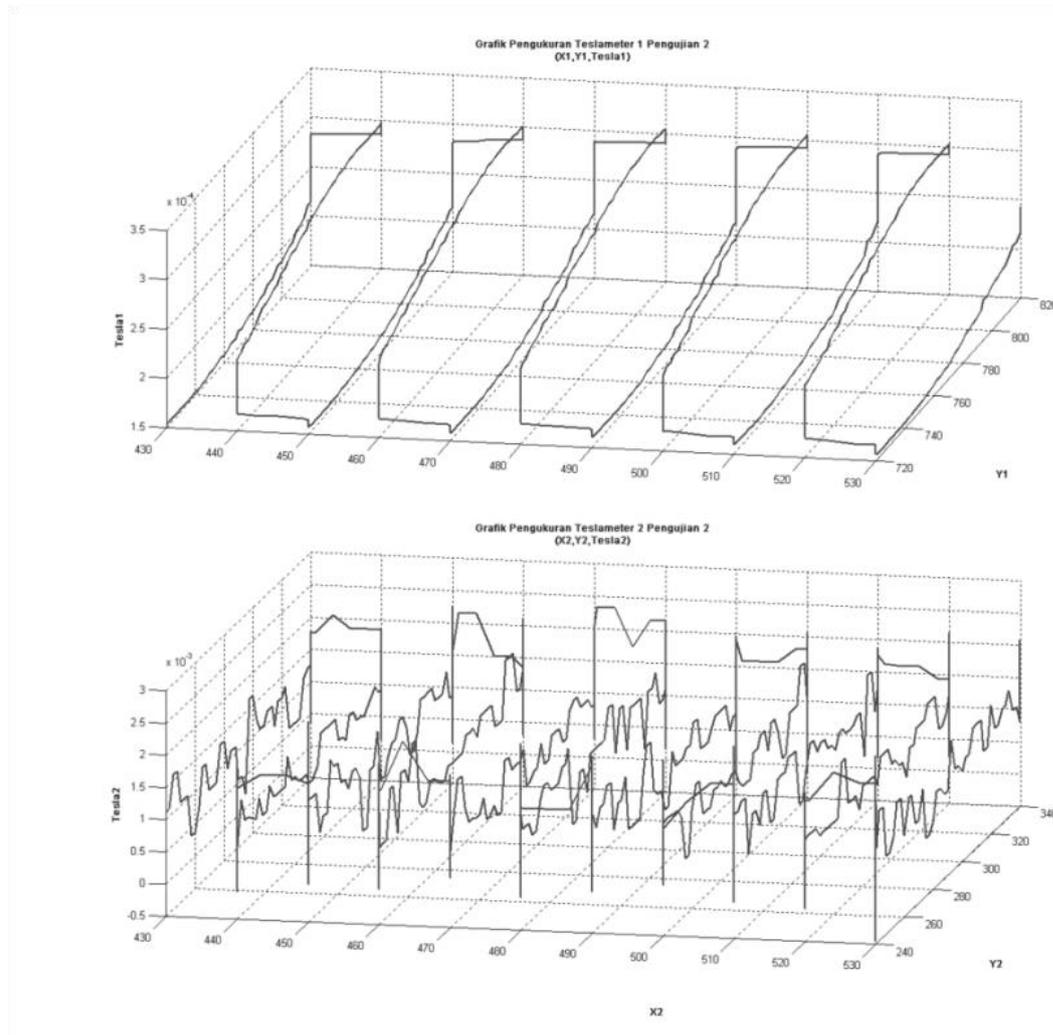
Pengujian *probe teslameter* 2 juga menghasilkan 3 buah *file* data (Data1.txt, Data2.txt, dan Data3.txt). Data1.txt berisi 1.118 data, Data2.txt berisi 1.119 data, dan Data3.txt berisi 1.118 data. Dari data tersebut terlihat bahwa pembacaan *probe teslameter* 2 memiliki nilai kuat medan magnet yang lebih besar dibandingkan dengan *probe teslameter* 1. Tabel 2 menunjukkan cuplikan data darisalah satu *file* data, yakni Data1.txt, yang didapatkan dari pengujian ini. Walaupun nilai kuat medan magnet yang terbaca oleh *probe teslameter* 2 lebih kecil jika

dibandingkan dengan ketika dilakukan pengujian menggunakan *probe teslameter* 1, kuat medan magnet pada daerah di sekitar koordinat (480,770) atau di tengah area pengukuran lebih besar dibandingkan daerah tepian area pengukuran. Untuk data dari pengujian ini juga disajikan dalam bentuk grafik yang juga dibuat dengan menggunakan MATLAB, seperti yang terlihat pada Gambar 12.

Tabel 2 Data Pengujian 2 (Data1.txt)

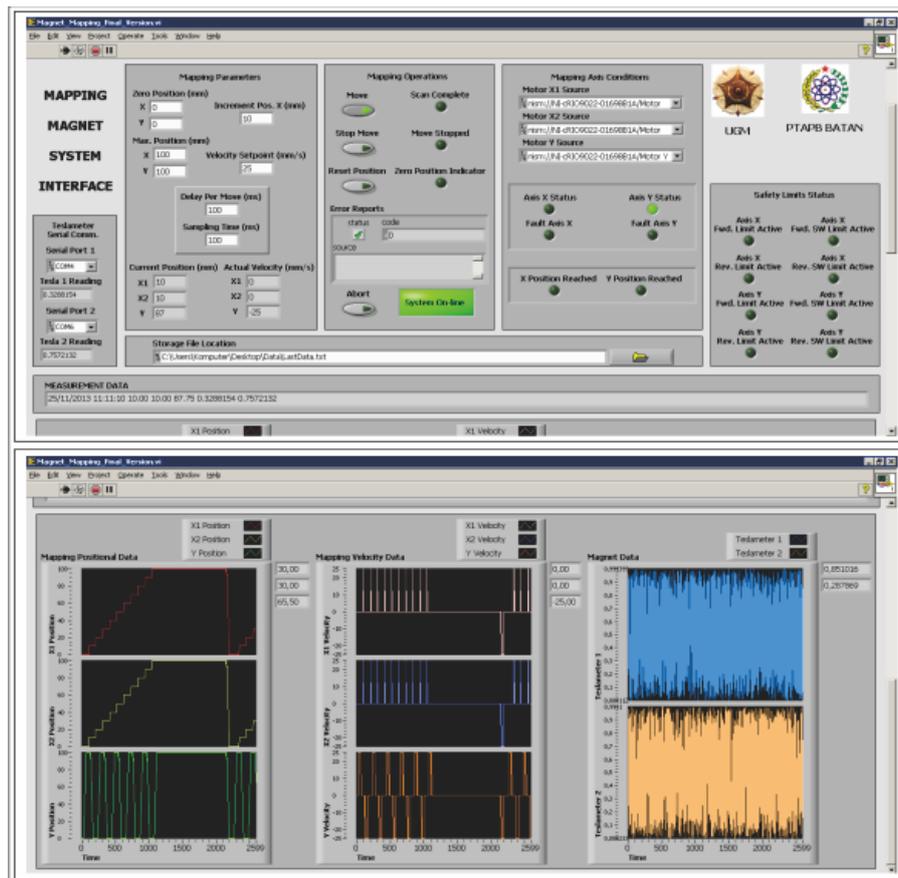
No	Waktu Pengambilan Data		Data Posisi [X,Y] (mm)				Data Kuat Medan Magnet (Tesla)	
			Posisi X1	Posisi Y1	Posisi X2	Posisi Y2	Teslameter 1 (Kiri)	Teslameter 2 (Kanan)
1	31/07/2013	13:38:06	430.00	720.00	430.00	240.00	0.0001522	0.0002760
2	31/07/2013	13:38:06	430.00	720.00	430.00	240.00	0.0001522	0.0002760
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
554	31/07/2013	13:39:02	480.00	788.15	480.00	308.15	0.0002989	0.0014788
555	31/07/2013	13:39:02	480.00	785.65	480.00	305.65	0.0002969	0.0008356
556	31/07/2013	13:39:02	480.00	783.15	480.00	303.15	0.0002930	0.0016528
557	31/07/2013	13:39:02	480.00	780.65	480.00	300.65	0.0002930	0.0016528
558	31/07/2013	13:39:02	480.00	777.65	480.00	297.65	0.0002895	0.0012208
559	31/07/2013	13:39:02	480.00	775.65	480.00	295.65	0.0002895	0.0012208
560	31/07/2013	13:39:02	480.00	773.15	480.00	293.15	0.0002864	0.0012200
561	31/07/2013	13:39:02	480.00	770.65	480.00	290.65	0.0002800	0.0012197
562	31/07/2013	13:39:02	480.00	768.15	480.00	288.15	0.0002800	0.0012197
563	31/07/2013	13:39:03	480.00	765.65	480.00	285.65	0.0002767	0.0006553
564	31/07/2013	13:39:03	480.00	763.15	480.00	283.15	0.0002733	0.0010847
565	31/07/2013	13:39:03	480.00	760.65	480.00	280.65	0.0002733	0.0010847
566	31/07/2013	13:39:03	480.00	758.15	480.00	278.15	0.0002698	0.0003818
567	31/07/2013	13:39:03	480.00	755.65	480.00	275.65	0.0002698	0.0003818
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1117	31/07/2013	13:39:58	530.00	820.00	530.00	340.00	0.0002386	0.0011935
1118	31/07/2013	13:39:58	530.00	820.00	530.00	340.00	0.0002429	0.0008249

Kuat medan magnet yang terbaca oleh *probe teslameter* 2 jika dibandingkan pada saat pengujian menggunakan *probe teslameter* 1 mempunyai nilai yang lebih kecil. Faktor lingkungan di sekitar area pengukuran dapat menjadi salah satu faktor penyebabnya. Selain itu, perbedaan kepekaan di antara kedua probe yang disebabkan waktu kalibrasi yang berbeda di antara keduanya hingga perbedaan cara penanganan terhadap kedua probe ketika persiapan pengukuran maupun ketika proses mapping dijalankan juga dapat menyebabkan perbedaan nilai yang terbaca tersebut. Namun jika merujuk kepada hasil pengambilan data secara keseluruhan, baik *probe teslameter* 1 maupun *probe teslameter* 2 telah dapat melakukan pengukuran dengan baik.



Gambar 12 Grafik data pengujian 2

Fungsi akuisisi data dalam program sistem, yang menerapkan metode *fly-mode*, sangat bergantung pada sistem pewaktuannya. Sebagaimana sudah disebutkan bahwa sistem ini dibuat dengan memiliki laju pembacaan data sebesar 10 data/detik. Hal yang paling berpengaruh dengan pengaturan tersebut adalah ukuran *file* data yang tersimpan. Proses *mapping* sendiri memiliki *delay* untuk setiap perpindahan gerakan motor antar sumbu sebesar 100 ms (millisecond), sehingga untuk 4 gerakan pola *mapping* akan didapatkan *delay* total sebesar 400 ms. Berdasarkan hal tersebut, jika dilakukan proses *mapping* dengan dimensi pengukuran yang besar, *file* data yang dihasilkan akan berukuran cukup besar dan berisi ribuan data. Dari 6 *file* data hasil pengukuran, didapatkan rata-rata jumlah data sebesar 1.117 data. Hal ini memberikan gambaran bahwa ketika pada nantinya dilaksanakan pengukuran dengan dimensi pengukuran yang lebih besar akan menghasilkan jumlah data yang lebih besar. Pemilihan kecepatan putar motor juga ikut mempengaruhi jumlah data serta interval data posisi pada tiap-tiap data. Kecepatan putar dapat digunakan sebagai indikator waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran, karena berpengaruh terhadap cepat atau lambatnya pengukuran yang dilakukan. Dalam pengujian diberikan nilai kecepatan sebesar 25 mm/s. Ketika motor berputar, sistem akan menyimpan data posisi dengan setiap data memiliki interval 2,5 mm ($25 \text{ mm/s} \div 10 \text{ data/s} = 2,5 \text{ mm/data}$). Kalkulasi interval tersebut dapat berubah sesuai dengan kecepatan putar motor yang diterapkan pada saat pengukuran dilakukan. Gambar 13 menunjukkan tampilan dari HMI yang digunakan dalam sistem pengukuran medan magnet.



Gambar 13 Tampilan HMI Sistem Pengukuran Medan Magnet

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Oleh karena bentuk dan ukuran dari magnet uji, pengujian terhadap magnet uji dilakukan dengan menggeser posisi awal terlebih dahulu menuju posisi awal pengukuran yang berada di dekat magnet. Baik pada pengujian 1 maupun pengujian 2, posisi awal *probe teslameter* 1 diposisikan pada koordinat (430,720) dan posisi awal *probe teslameter* 2 diposisikan pada koordinat (430,240). Pengujian 1 magnet uji diukur menggunakan *probe teslameter* 1 dan pengujian 2 menggunakan *probe teslameter* 2.
2. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pengukuran medan magnet telah dapat melakukan pengukuran pada sebuah magnet uji dengan dimensi pengukuran sebesar (100 x 100) mm dan didapatkan rata-rata 1.117 data dalam 6 file data yang berhasil didapatkan dari 2 kali pengujian (*probe teslameter* 1 dan *probe teslameter* 2).
3. Dari data hasil pengukuran, dengan menggunakan kecepatan 25 mm/s dan laju pembacaan data 10 data/s, didapatkan interval perubahan posisi (x,y) untuk setiap data ketika motor berputar sebesar 2,5 mm.
4. Parameter yang dikendalikan dalam metode kendali *on-off* yang diterapkan dalam kendali motor adalah kecepatan putar motor. Untuk menjaga agar gerakan motor sesuai dengan pola gerakan *mapping*, *setpoint* jarak tempuh putaran motor pada masing-masing sumbu digunakan untuk membatasi gerak putar motor.
5. Data yang tersimpan berisi tanggal dan waktu pengambilan data, data posisi (x,y), serta data magnet. Data posisi untuk *teslameter* 1 adalah Posisi X1 dan Posisi Y1, sedangkan untuk *teslameter* 2 adalah Posisi X2 dan Posisi Y2.

5. SARAN

1. Sistem pengukuran medan magnet yang telah dibuat masih memiliki banyak kekurangan dan membutuhkan pengembangan lebih lanjut sehingga nantinya dapat digunakan untuk mengukur medan magnet yang akan digunakan dalam mesin siklotron, terutama pada *maintenance* sistem mekanik agar sistem mampu melakukan pergerakan *mapping* secara presisi.
2. Program yang diaplikasikan dalam sistem pengukuran medan magnet masih dapat dikembangkan lagi agar dapat menjadi program yang dapat bekerja secara efektif dan efisien.
3. Penyesuaian sistem pengukuran medan magnet terhadap keadaan lingkungan sekitar (*ambience*) sangat perlu untuk diperhatikan agar tidak mempengaruhi kinerja dari sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prior, C.R., 2004, "*The Physics of Accelerators*", Rutherford Appleton Laboratory and Trinity College, Oxford.
- [2] Bryant, P.J., 2008, "*History And Applications Of Accelerators*", CAS Frascati.
- [3] Aditya, A., 2011. "*Simulasi Sistem Akuisisi dan Kendali Pengukuran Medan Magnet Menggunakan PLC T100MD1616+*", Skripsi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [4] Yang, J., Liu, K., Qin, B., Li, D., Hu, T., Cao, L., Xiong, J., Xiong, Y., Yu, T., 2009, "*Magnetic Field Measurement System for Cychu-10*", Huangzhou University of Science and Technology, China.
- [5] Park, K.H., Jung, Y.G., Kim, D.E., Kang, B.K., Yoon, M., Chai, J.S., Kim, Y.S., 2005, "*Field mapping system for cyclotron magnet*", Pohang University of Science and Technology, Pohang.