

# Sistem Instrumentasi Dan Kendali (SIK) Sumber Tegangan Tinggi DC Untuk Proses Nitridasi Plasma Menggunakan Variac

I. Budi Nugroho, A. Harjoko dan S. Santosa

**Abstrak**— Bidang Teknologi Akselerator dan Fisika Nuklir (BTAFN) Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN Yogyakarta mengembangkan mesin nitridasi plasma untuk menambah tingkat kekerasan permukaan logam dan meningkatkan ketahanan aus serta tahan korosi. Mesin nitridasi plasma tersebut masih dioperasikan secara manual.

Perancangan Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) Sumber Tegangan Tinggi DC untuk Nitridasi Plasma menggunakan PLC T100MD 1616+ sebagai pusat kendali. Sistem yang dirancang adalah akuisisi data suhu dan kendali sumber tegangan tinggi DC. Akuisisi data suhu memantau perubahan suhu benda kerja menggunakan termokopel tipe K dan pengkondisi sinyal IC AD595. Program akuisisi data suhu menggunakan metode lookup table. Suhu benda kerja digunakan sebagai umpan balik (feedback) untuk kendali variac sebagai pengatur keluaran sumber tegangan tinggi DC. Kendali suhu dirancang menggunakan stepper motor.

Sistem Instrumentasi dan Kendali Sumber Tegangan Tinggi DC dapat mengontrol tegangan yang digunakan pada proses Nitridasi Plasma untuk mempertahankan suhu secara otomatis. Dengan diimplementasikannya Sistem Instrumentasi dan Kendali Sumber Tegangan Tinggi DC diharapkan akan memudahkan pengguna dalam mengoperasikan mesin dan dapat meningkatkan kualitas hasil proses nitridasi.

**Kata Kunci**— Nitridasi Plasma, PLC, termokopel, pengkondisi sinyal, stepper motor.

Iwan Budi Nugroho, Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, email: [nugrohougm@gmail.com](mailto:nugrohougm@gmail.com)

Agus Harjoko, Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, email: [aharjoko@ugm.ac.id](mailto:aharjoko@ugm.ac.id)

Slamet Santoso, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB), BATAN, Yogyakarta.

## 1. PENDAHULUAN

Perlakuan permukaan (*surface treatment*) adalah salah satu usaha untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas permukaan logam sehingga logam tidak mudah korosi dan aus. *Surface treatment* dilakukan dengan metode nitridasi plasma menggunakan gas nitrogen ( $N_2$ ). Prinsip kerja proses nitridasi ini adalah penambahan unsur nitrogen pada permukaan logam. Metode nitridasi plasma (*plasma nitriding*) dapat menghasilkan kekerasan permukaan yang lebih tinggi dan meningkatkan ketahanan aus serta tahan korosi. Jadi proses nitridasi adalah proses yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat permukaan logam.

Secara umum peralatan nitridasi plasma terdiri dari bejana logam, sumber tegangan tinggi DC, dan pompa vakum. Proses nitridasi diawali dengan penghampaan bejana sampai bertekanan  $10^{-5}$  Torr. Setelah tekanan bejana  $10^{-5}$  Torr, gas  $N_2$  atau campuran  $N_2-H_2$  dialirkan ke dalam bejana hingga tekanan bejana menjadi  $10^{-2}-10^{-3}$  Torr. Suatu lucutan pijar dihasilkan dengan memasang tegangan tinggi DC pada 500–1.000 V antara elektroda. Benda kerja bertindak sebagai katoda dan bejana sebagai anoda yang ditanahkan. Lucutan pijar dioperasikan pada daerah lucutan pijar abnormal ( $\pm 500$  V) untuk mendapatkan arus tinggi sehingga diperoleh rapat daya tinggi. Kondisi ini diperlukan untuk pertumbuhan nitrida yang cepat. Ion-ion nitrogen yang terbentuk akan menumbuk permukaan benda kerja sehingga terjadi panas pada permukaannya dan memungkinkan nitrogen berdifusi ke dalam permukaan benda kerja membentuk lapisan nitrida [1].

Lapisan yang terbentuk mempunyai ketahanan aus yang tinggi (*high wear resistance*) dan memiliki kekerasan tinggi. Kenaikan suhu pada benda kerja diukur dengan termokopel. Suhu kerja proses nitridasi plasma untuk baja berkisar antara 400 hingga 600 °C.

Mesin nitridasi plasma di PTAPB BATAN Yogyakarta masih dioperasikan secara manual. Pengguna/operator menjalankan mesin secara

manual mulai dari menghidupkan sampai mematikan mesinnya, begitu juga untuk mengatur kestabilan parameter-parameter proses nitridasi (antara lain tekanan dan suhu benda kerja).

PLC dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan akan kemudahan penggunaan dalam proses pengendalian atau fleksibilitas dalam suatu sistem kontrol. Meskipun demikian PLC tidak serta merta dapat melakukan tindakan yang sesuai dengan yang diharapkan. PLC harus diprogram terlebih dahulu untuk melakukan aksi sesuai dengan yang diperintahkan. Pemrograman (yang umumnya dinamakan diagram tangga atau *ladder diagram*) tersebut diperlukan untuk mengolah *input-input*, kemudian mengeluarkannya melalui terminal-terminal *output* yang sesuai dengan yang diharapkan.

Berdasarkan uraian di atas, penulis merancang Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) Sumber Tegangan Tinggi DC Untuk Nitridasi Plasma Menggunakan Super PLC T100MD1616. Penulis mendapatkan bahan penelitian ini dari Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTAPB-BATAN) Yogyakarta. Perancangan meliputi pembacaan suhu benda kerja (*workpiece*) dan kendali sumber tegangan tinggi DC. Perancangan sistem ini nantinya akan diterapkan pada perangkat Sumber Tegangan Tinggi DC untuk Nitridasi Plasma.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Perlakuan permukaan (*surface treatment*) adalah salah satu usaha untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas permukaan materi sehingga materi tidak mudah korosi dan aus. *Surface treatment* dilakukan dengan metode nitridasi plasma menggunakan gas nitrogen ( $N_2$ ). Prinsip kerja proses nitridasi ini adalah penambahan unsur nitrogen pada permukaan materi. Metode nitridasi plasma (*sputtering*) dapat menghasilkan kekerasan permukaan yang lebih tinggi dan meningkatkan ketahanan aus serta tahan korosi. Jadi proses nitridasi adalah proses yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat permukaan komponen mesin, peralatan mekanik, dan peralatan lainnya yang menggunakan logam [2]. Proses perlakuan permukaan yang telah dilakukan masih menggunakan metode manual, dimana pengoperasian dan pengaturan alat dilakukan secara langsung oleh seorang operator lapangan. Diperlukan kecermatan dan pengalaman dari

operator lapangan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan kriteria yang diharapkan. Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja nitridasi plasma adalah dengan merancang suatu sistem yang dapat menjalankan proses secara otomatis, baik untuk pengoperasian alat maupun pengaturan parameter proses sehingga dapat tercapai keadaan proses yang ideal dan diharapkan dapat menghasilkan produk sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

*Programmable Logic Controller* (PLC) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relai-relai yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, yang berupa menghidupkan dan mematikan keluaran (logika 0 atau 1, hidup atau mati) [3].

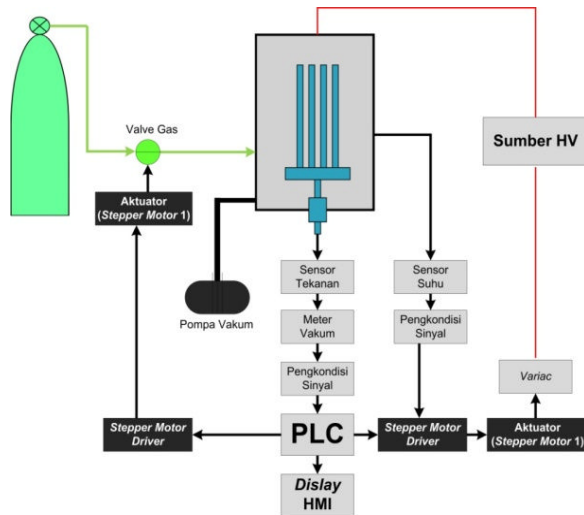
Perancangan Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) Nitridasi Plasma dengan Dua Bejana dilakukan oleh Kurniawan [4], menggunakan Programmable System On Chip Evaluation Kit. Sistem yang dirancang adalah akuisisi data suhu dan kendali katup. Akuisisi data suhu memantau perubahan suhu benda kerja menggunakan termokopel tipe K dan LM35 DZ [5,6,7]. Program akuisisi data suhu menggunakan metode lookup table. Kendali katup sebagai pengatur aliran gas  $N_2$  atau campuran  $N_2-H_2$ . Kendali suhu dirancang menggunakan motor stepper unipolar berdasarkan fase wavemode. Motor stepper dirancang untuk stop, gerak searah dan berlawanan arah jarum jam.

Berdasarkan tinjauan pustaka tersebut, penulis mencoba membuat sistem instrumentasi kendali sumber tegangan tinggi DC untuk nitridasi plasma menggunakan PLC T100 MD1616+ [10].

## 3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Penelitian yang dilakukan adalah untuk membuat sistem instrumentasi kendali [8] untuk proses nitridasi plasma, khususnya sumber tegangan tinggi DC. Sistem instrumentasi kendali yang dibuat bertujuan untuk menjalankan mesin nitridasi plasma secara otomatis diantaranya untuk mengendalikan kestabilan tekanan dan suhu proses nitridasi, mengatur lama/waktu nitridasi, menyalakan dan mematikan mesin secara otomatis. Otomatisasi mesin nitridasi plasma ini ditangani oleh PLC T100MD1616+

dari *Triangel Research* [9,10]. Mesin nitridasi memiliki dua buah sensor untuk membaca parameter proses yaitu sensor suhu dan tekanan. Bagian aktuator ditangani oleh *stepper motor*, yang masing-masing digunakan untuk mengendalikan tegangan dan tekanan. Gambar 1 menampilkan rancangan sistem secara keseluruhan.



Gambar 1.

PLC T100MD1616+ bertindak sebagai pengendali sumber tegangan tinggi DC. PLC T100MD1616+ memiliki 16 masukan digital dan 16 luaran digital yang dapat dikonfigurasi untuk merancang sistem instrumentasi dan kendali mesin nitridasi plasma. Selain itu PLC T100MD1616+ dilengkapi dengan 4 masukan *Analog Digital Converter* (ADC) 10-bit, ADC #1 dan #2 untuk menerima masukan sinyal *analog* 0-1 V sedangkan ADC #3 dan #4 untuk masukan *analog* 0-5 V. Dari 16 jalur luaran digital terdapat 2 *channel* yang dapat dikonfigurasi sebagai keluaran khusus PWM dan *pulsa* untuk mengatur putaran *stepper motor*. Masing-masing saluran akan digunakan untuk mengatur *stepper motor* yang dipasang pada *variac* dan *valve gas N2*.

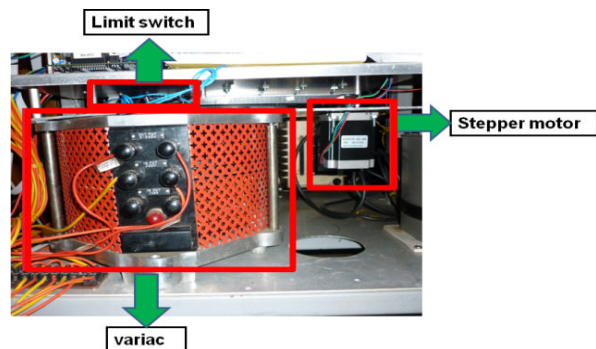
Sistem kendali sumber tegangan tinggi DC yang akan dibuat bertujuan untuk mempertahankan kestabilan temperatur proses untuk memaksimalkan proses nitridasi plasma. Hal ini dapat dicapai dengan mengatur besar tegangan yang dialirkan ke kedua kutub anoda-katoda pada bejana nitridasi berdasarkan perubahan temperatur benda kerja. Perubahan temperatur benda kerja dapat diketahui dengan akuisisi data suhu yang dibuat menggunakan sensor termokopel. PLC akan mengirimkan

sinyal kendali berupa *pulsa digital* untuk mengatur putaran *stepper motor* yang dipasang pada tuas pengatur *variac*. *Stepper motor* berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran dari *variac* yang digunakan sebagai *supply* sumber tegangan tinggi DC, sehingga tegangan tinggi yang dihubungkan ke bejana nitridasi dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai jumlah *pulsa* yang diberikan oleh PLC. Bagian akuisisi data suhu akan mengirimkan sinyal umpan balik kepada PLC yang mewakili temperatur benda kerja yang telah diberikan tegangan tinggi. Sinyal umpan balik berupa suhu akan dibandingkan dengan *setpoint* sistem kendali yang diberikan untuk memperoleh nilai *error* yang akan dijadikan parameter kendali.

Hasil Penelitian.

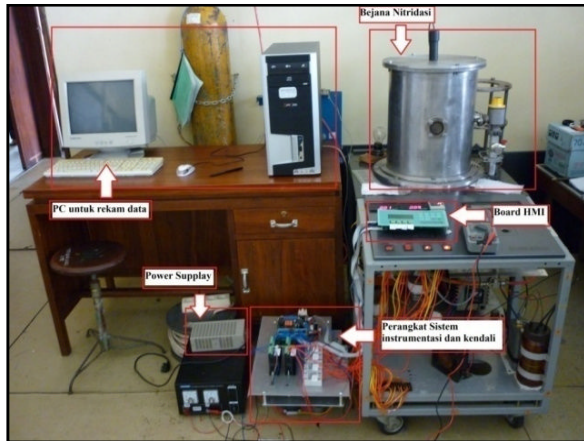
Bagian ini akan menjelaskan hasil pengujian dan pembahasan dari Sistem Instrumentasi dan Kendali Sumber Tegangan Tinggi DC untuk Proses Nitridasi Plasma yang telah dibuat. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian akuisisi data suhu serta sistem instrumentasi dan kendali sumber tegangan tinggi DC. Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan perencanaan, baik pengujian terhadap perangkat keras (*hardware*) maupun pengujian terhadap perangkat lunak (*software*).

Perancangan perangkat keras menggunakan beberapa komponen tambahan untuk mengaplikasikan perangkat sistem instrumentasi dan kendali pada mesin nitridasi, seperti *Solid State Relay* (SSR) sebagai pengganti saklar manual, *pulley and timing belt* yang digunakan untuk menghubungkan *stepper motor* dengan tuas *variac* serta *limit switch* untuk membatasi gerakan tuas *variac*. Posisi diatur agar mudah dalam penataan dan pengkabelan. Gambar 2 menampilkan perangkat sistem instrumentasi dan kendali sumber tegangan tinggi mesin nitridasi plasma.



Gambar 2.

Sedangkan Gambar 3 memperlihatkan mesin nitridasi plasma yang telah dipasang perangkat sistem instrumentasi dan kendali, bagian utama mesin terdiri dari Bejana nitridasi, pompa vakum, tabung gas N<sub>2</sub>, sumber tegangan tinggi DC serta panel kontrol untuk mengatur dan mengamati parameter proses. Perangkat sistem instrumentasi dan kendali terdiri dari PLC T100MD1616 sebagai pengontrol, *power supply*, HMI dan *stepper motor* beserta *driver*.



Gambar 3.

#### 4. KESIMPULAN

Telah dibuat sebuah sistem kendali sumber tegangan tinggi DC untuk proses nitridasi dengan menggunakan PLC T100 MD1616+. Sistem kendali tegangan tinggi ini berdasarkan umpan balik yang dihubungkan menggunakan termokopel tipe K dengan pengkondisi sinyal IC AD595. Aktuator sistem kendali ini adalah *stepper motor* yang menggerakkan variac pada suhu kerja 450 – 600 °C

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chattopadhyay, R., 2004, "Advanced Thermally Assisted Surface Engineering Processes", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [2] Riyadi, S. dan Sukidi., 2006, "Optimasi Unjuk Kerja Mesin Nitridasi Ion", PTAPB-BATAN, Yogyakarta.
- [3] Putra, A.E., 2007, "PLC: Konsep, Pemrograman dan Aplikasi", Gava media, Yogyakarta.
- [4] Kurniawan, D., 2010, "Perancangan Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) Nitridasi Plasma dengan Dua Bejana", Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [5] Analog Device., Design Tools: Thermocouple Tool <http://designtools.analog.com/Thermocouple/Main.aspx#Top>, diakses tanggal 03/05/2010
- [6] Marcin, J., Thermocouple Signal Conditioning Using the AD594/AD595, Analog device.
- [7] Scervini, M., 2009, Thermocouples: The Operating Principle, <http://www.msm.cam.ac.uk/utc/thermocouple/pages/ThermocouplesOperatingPrinciples.html>, diakses tanggal 23/04/2010 7:20
- [8] Ogata, K., 2002, Modern Control Engineering, Prentical Hall.
- [9] Tri., 2006, Internet Trilogi Version 6.1 - Programmer's Reference, Triangle Research International, Singapore.
- [10] Tri., 2006, T100MD1616+ (Rev D-1) PLC Installation Guide, Triangle Research International, Singapore.