

Simulasi ADCRC (*Active Disturbance Rejection Controller*) dan kendali PD pada Model *Cavity* Siklotron DECY 13

Agus Dwiatmaja, Adha Imam Cahyadi, Prapto Nugroho

Program Studi Pascasarjana S2 Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada
atmaja_s2te_12@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Percepatan partikel pada Siklotron DECY 13 ditentukan oleh sistem radio frekuensi sebagai pemercepat, siklotron akan bekerja optimum pada kondisi *tune frequency*. Gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem maupun luar sistem akan mempengaruhi parameter siklotron, salah satunya adalah nilai kapasitansi *cavity*. Nilai kapasitansi yang berubah menyebabkan tidak terjadi resonansi pada *cavity*. Diperlukan sistem kendali untuk dapat mengendalikan *tuning* frekuensi sistem dengan cara meredam gangguan (*disturbance*). Metode ADRC (*Active Disturbance Rejection Controller*) yang diterapkan pada parameter lain dipilih untuk mengatasi hal tersebut, selain itu metode PD juga diterapkan sebagai pembanding. Pemodelan dan simulasi mewakili nilai-nilai parameter yang sebenarnya. Hasil simulasi menunjukkan ADRC memberikan tanggapan kendali yang lebih baik dari sisi *settling time* dan *over shoot*, daripada kendali PD, dan akan mengalami optimasi ketika ADRC didukung dengan kendali Proporsional Derivatif (PD).

Kata Kunci: *disturbance*, kendali, optimasi, radio, frekuensi

1. Pendahuluan

Kanker merupakan penyakit akibat pertumbuhan tidak normal dari sel-sel jaringan tubuh, dalam perkembangannya sel-sel kanker ini dapat menyebar ke bagian tubuh lain sehingga dapat menyebabkan kematian. Berdasarkan data Depkes RI sekitar 6% atau 13,2 juta jiwa penduduk Indonesia menderita kanker dan merupakan penyebab kematian utama setelah penyakit kardiovaskuler. Kanker menempati urutan ke 6 penyebab kematian terbesar di Indonesia. [1]

Ketersediaan teknologi pendeteksian kanker secara dini akan membantu penanganan kanker yang lebih tepat, cepat dan dengan biaya yang terjangkau oleh masyarakat. Salah satu teknologi pencitraan medis untuk mendeteksi kanker adalah PET (*Positron Emission Tomography*) scan. PET-scanner merekonstruksi intensitas hasil pancaran radiasi dari radio isotop dengan dosis tertentu yang dimasukkan ke dalam tubuh pasien menjadi citra atau grafik jaringan organ target tubuh pasien kanker, salah satu radio isotop yang digunakan adalah radioisotop ^{18}F [2]. Untuk memproduksi radioisotop ^{18}F digunakan akselerator siklis yang disebut dengan Siklotron.

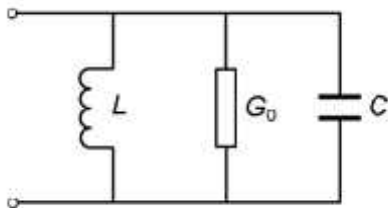
Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA-BATAN) Yogyakarta, sebagai institusi akselerator di Indonesia melakukan kegiatan memenuhi kebutuhan akan teknologi tersebut dengan memulai melakukan kegiatan rancang bangun siklotron buatan Indonesia dengan nama DECY-13 (*Design of Experimental Cyclotron in Yogyakarta-13 MeV*).

Sistem *Radio Frequency* merupakan salah satu komponen utama Siklotron DECY 13 yang digunakan untuk mempercepat partikel[3]. Salah satu prasyarat kinerja sistem siklotron menghasilkan energi yang optimal ditunjukkan dengan kondisi resonansi dari sistem pemercepat (*cavity*) dengan sistem RF dapat tercapai[4]. Osilasi gelombang RF harus sesuai dengan posisi perputaran partikel jika tidak terjadi *tune frequency* maka partikel tidak akan dipercepat. Diperlukan sistem kendali untuk mengendalikan *tuning* frekuensi, sistem kendali mengatur nilai kapasitansi (C) sistem pemercepat (*cavity*) pada siklotron sebagai kendali resonansi antara sistem pemercepat (*cavity*) dengan sistem radio frekuensi (RF). Adanya gangguan pada sistem *cavity* akan mempengaruhi nilai kapasitansi pada sistem pemercepat.

Beberapa metode dari beberapa penelitian mengenai gangguan (*disturbance*) adalah dengan sistem kendali untuk mengatasi permasalahan akibat gangguan dari luar terhadap *cavity* salah satunya adalah penerapan ADRC (*Active Disturbance Rejection Controller*). Penelitian pada gangguan *cavity* siklotron yang telah dilakukan sebelumnya adalah pada gangguan yang muncul akibat getaran "*microphonics*" [5]. Dari hasil penelitian sebelumnya tersebut pemodelan sistem ADRC digunakan untuk *disturbance*. Pada penelitian tersebut belum dilakukan sistem ADRC untuk perubahan nilai kapasitansi C. Perubahan nilai kapasitansi ini bisa disebabkan oleh beberapa hal seperti perubahan suhu ketika dilakukan operasi,

optimasi dari diperoleh jika gangguan-gangguan dikendalikan atau diredam menggunakan sistem kendali yang tepat yang diterapkan pada sistem tersebut.

cavity merupakan tempat dimana *dee* sebagai pemercepat partikel. RF Siklotron *Cavity* dapat dimodelkan dengan rangkaian RLC Paralel, ditunjukkan pada Gambar 1. Resonansi frekuensi pada *cavity* tergantung dari nilai L dan C. Perubahan nilai kapasitansi *dee* salah satunya dapat dipengaruhi oleh perubahan suhu saat operasi dilakukan.



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Pemodelan RLC *Cavity* Siklotron

Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mendapatkan sistem kendali yang optimum dengan simulasi simulasi ADRC (*Active Disturbance Rejection Controller*) dan kendali Proporsional Derivatif (PD) untuk gangguan perubahan nilai kapasitansi pada siklotron DECY 13.

2. Metode

Metode yang digunakan Untuk mendapatkan hasil optimasi pada kendali sistem *Radio Frekuensi (RF)* siklotron adalah menggunakan pemodelan dan simulasi. Dari pemodelan dan simulasi diharapkan dapat mewakili nilai dan parameter-parameter yang sebenarnya sebelum diterapkan dalam sistem yang nyata.

2.1 Pemodelan dan Simulasi menggunakan Simulink MATLAB

Untuk mendapatkan nilai dan parameter kendali yang baik dan optimum untuk sistem RF dari siklotron maka dilakukan pemodelan sistem berdasarkan parameter yang ada. Sinyal RF terdiri dari Amplitudo dan fase yang dijadikan sebagai set point awal masukan sistem kendali ADRC.

2.2 Metode Active Disturbance Rejection Controller dan Proporsional Derivatif

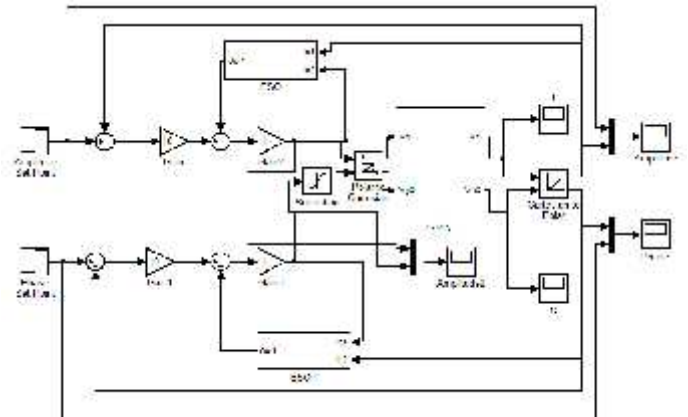
Active disturbance Rejection Controller merupakan metode kendali untuk mendapatkan parameter kendali yang baik untuk sistem sistem yang mengalami gangguan dari dalam sistem maupun dari luar sistem itu sendiri.

3. Hasil dan Pembahasan

Komponen Radio frekuensi dapat dibagi menjadi dua yaitu amplitudo dan fase, amplitudo menunjukkan besaran tegangan *dee* sementara fase menunjukkan posisi gelombang tersebut. Gangguan yang terjadi diasumsikan mengganggu nilai kapasitansi sehingga perubahan nilai kapasitansi pada *dee*

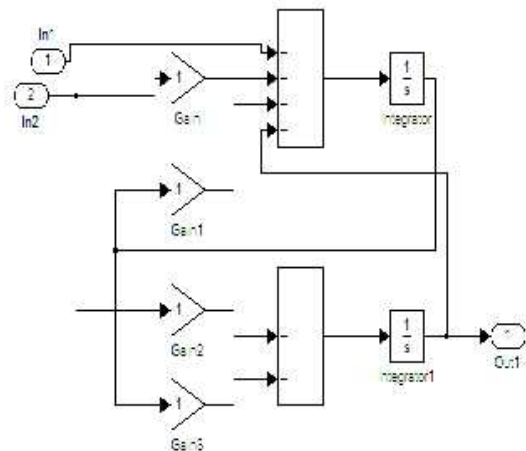
3.1 Pemodelan dan Simulasi

Simulasi kendali ADRC rangkaian *cavity* menggunakan simulink ditunjukkan seperti gambar 2.

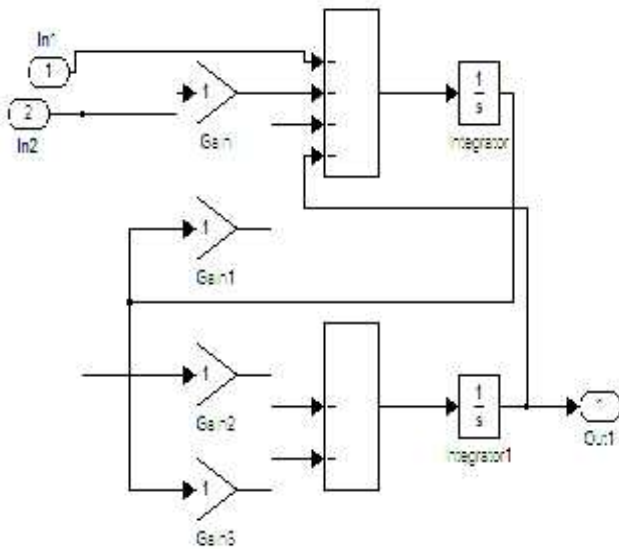


Gambar 2. Rangkaian Simulasi ADRC menggunakan *ESO Extended State Observer*

Rangkaian *Extended State Observer* diperlukan dalam kendali ADRC, *Extended State Observer* digunakan sebagai penganalisa *disturbance* untuk selanjutnya digunakan sebagai umpan balik untuk menentukan output sistem kendali, dengan demikian gangguan yang muncul dapat diredam namun memang terdapat kendala dalam segi waktu eksekusi karena membutuhkan proses perhitungan ulang dalam sistem ESO tersebut. Sistem ESO untuk amplitudo dan fase mempunyai nilai yang sama.



Gambar 3. *Extended State Observer (ESO 1)*

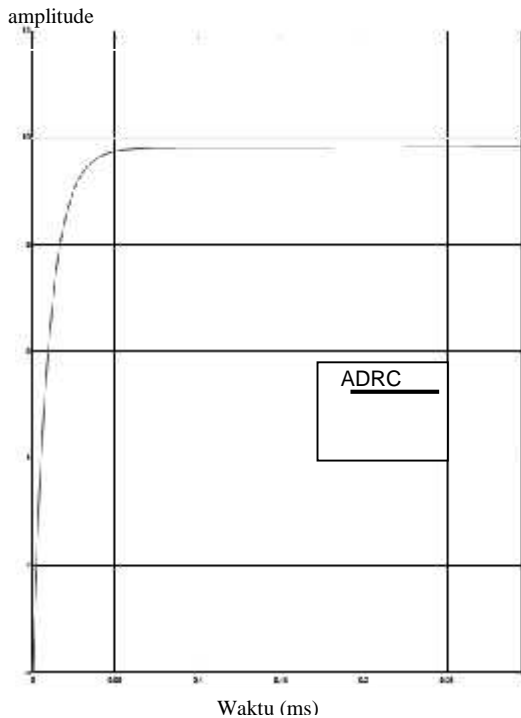


Gambar 4. Extended State Observer (ESO 2)

Untuk rangkaian Simulasi kendali ADRC dengan PD ditunjukkan pada Gambar 8 pada lampiran

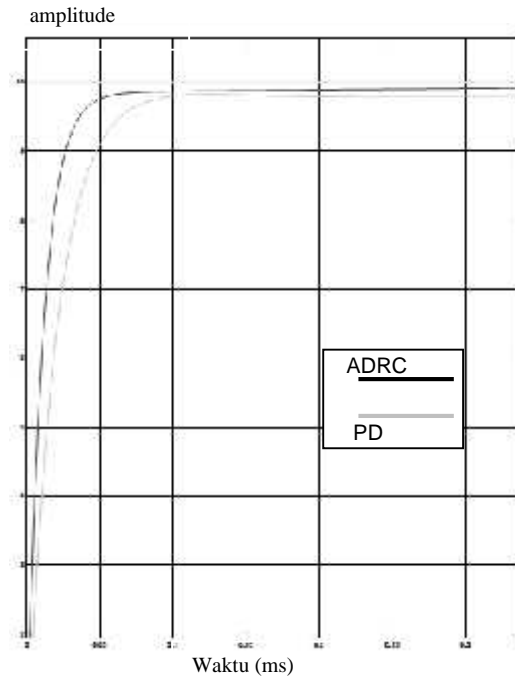
3.2 Hasil Simulasi

Pada simulasi ini yang dianalisa dan pembahasan dilakukan pada nilai amplitudo sinyal RF.



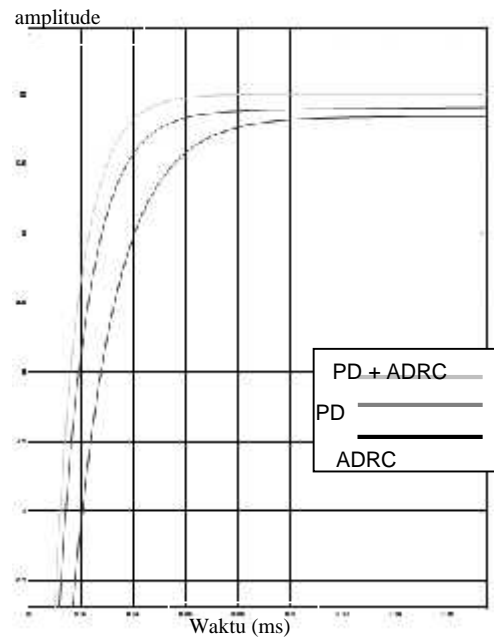
Gambar 5. Hasil Simulasi kendali ADRC pada

Sinyal diamati pada bagian amplitudo Hasil simulasi dari sistem kendali ADRC menunjukkan bahwa menunjukkan grafik yang baik mendekati nilai set point yang diberikan



Gambar 6. Hasil Simulasi ADRC dan PD

Berdasarkan gambar 6. menunjukkan bahwa menunjukkan grafik ADRC yang lebih baik daripada kendali PD Hal ini menunjukkan bahwa ESO (*Extended State Observer*) pada kendali ADRC berfungsi untuk sebagai *feedback* untuk menghasilkan output yang lebih baik. Simulasi kendali ADRC menunjukkan bahwa lebih mendekati nilai set point dari pada kendali Proporsional derivativ



Gambar 7. Hasil Simulasi ADRC dan kendali

PD

Dalam simulasi sistem ADRC yang didukung dengan kendali PD, ditunjukkan pada Gambar 8 pada lampiran, dapat dibagi menjadi 3 rangkaian yaitu, kendali ADRC, PD dan ADRC yang didukung dengan kendali PD.

Simulasi ADRC dan kendali Proporsional derivatif menunjukkan hasil seperti ditunjukkan seperti gambar 7. Kendali ADRC mempunyai hasil yang lebih baik mendekati *set point* ketika ADRC

Dari ketiga Grafik hasil simulasi di atas menunjukkan bahwa sistem kendali yang optimal yang bisa digunakan untuk mengatasi gangguan pada *cavity* siklotron berupa perubahan kapasitansi dari *dee* adalah ADRC dan akan mengalami optmisi jika didukung dengan kendali Proporsional Derivatif (PD). Tanggapan kendali dari sisi *overshoot* tidak terjadi *overshoot* yang signifikan dan juga waktu respon terhadap sistem pengendalian lebih cepat, hal ini dibutuhkan dalam pengoperasian siklotron DECY 13 karena perubahan kapasitansi *dee* dapat terjadi sewaktu-waktu dan berlangsung cepat, agar berkas yang dihasilkan siklotron tidak menurun atau bahkan berhenti maka perlu respon yang cepat dalam sistem pengendaliannya.

Kelebihan dari penelitian ini adalah penggunaan kendali Proporsional Derivatif (PD) dan sistem kendali ADRC dalam aplikasi pada siklotron DECY 13 dimana belum dilakukan untuk sistem sebelumnya, menggunakan PID secara terpisah. Dengan simulasi ini didapatkan optimasi kendali pada gangguan *cavity* siklotron DECY 13 dapat diterakan kendali ADRC yang digabungkan dengan kendali PD.

Kelemahan dalam penelitian ini adalah masih kurangnya parameter dari sistem kendali untuk mendapatkan hasil pengendalian yang lebih optimal dari sisi waktu respon kendali. Karena hal ini sangat dibutuhkan dalam pengoperasian siklotron yang membutuhkan waktu *tune frekuensi* yang cepat. Penggabungan dengan sistem yang masih sederhana dalam hal ini memerlukan perbandingan dengan sistem kendali yang lain yang lebih unggul dan lebih kompleks.

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan metode ADRC (*Active Disturbance Rejection*) hasil simulasi menunjukkan hasil dan karakteristik pengendalian yang lebih baik dari segi *settling time* dan *overshoot*, bahwa hasil simulasi pengendalian yang optimal untuk perubahan nilai kapasitansi *cavity* DECY 13 akibat gangguan dari dalam sistem maupun menggunakan gabungan kendali ADRC dan kendali Proporsional Derivatif. Kelebihan penelitian dan simulasi ini adalah gabungan dua sistem

kendali menggunakan sistem plan Siklotron DECY 13, kekurangannya adalah waktu respon kendali yang belum optimal dan juga perlu disimulasikan dengan metode kendali yang bisa memberikan waktu respon yang cepat.

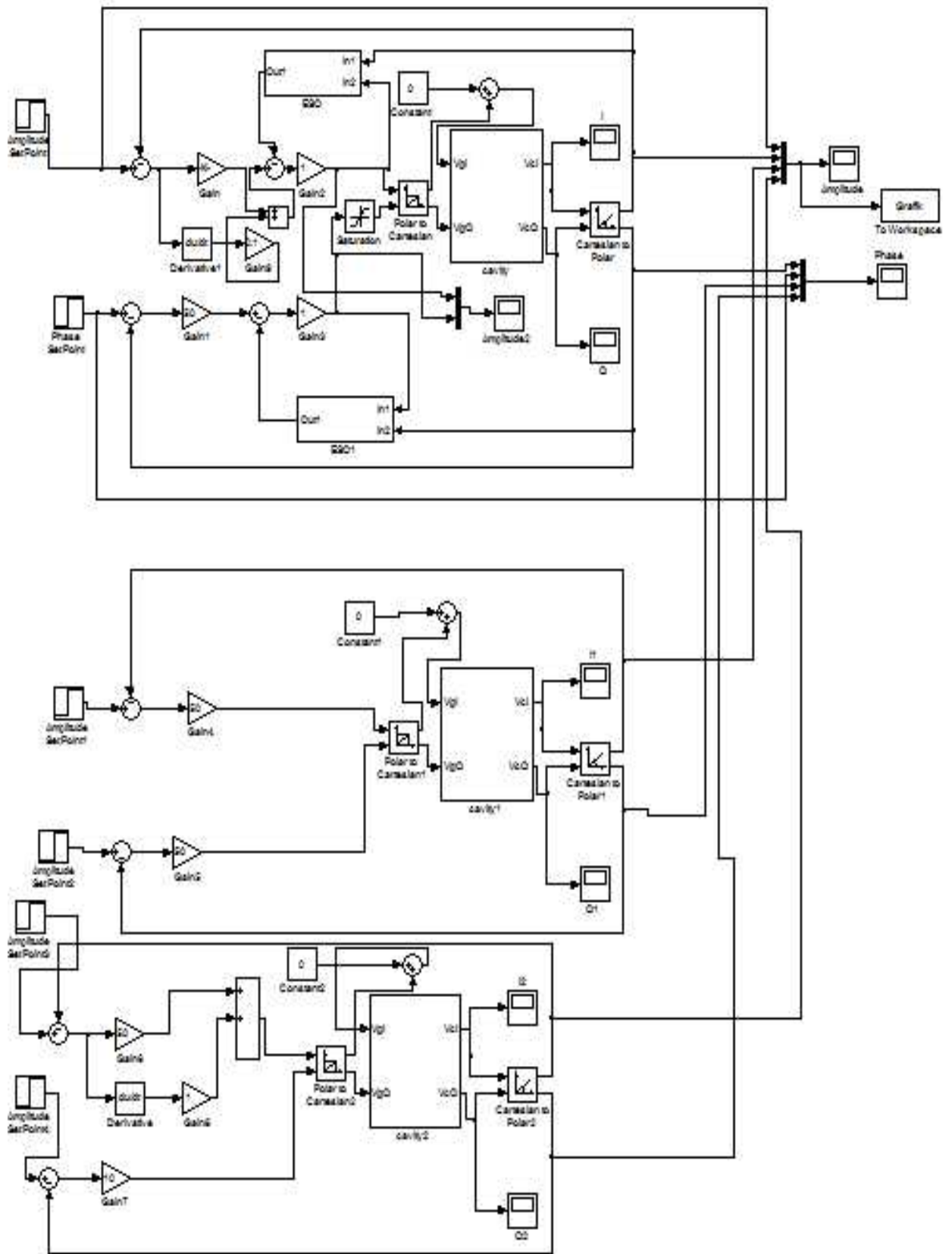
Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada Kepala Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA) BATAN Yogyakarta dan semua anggota kelompok kegiatan rancang bangun Siklotron DECY 13 yang mengizinkan untuk melakukan penelitian di Laboratorium rancang bangun siklotron DECY 13 (Gedung05) dan juga teman-teman mahasiswa dan dosen-dosen pembimbing di Program studi pascasarjana S2 Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang memberikan semangat dan dukungannya

Daftar Pustaka

- [1] DepKes, "Laporan Riset Kesehatan Dasar Indonesia," Jakarta 2007.
- [2] Kardinah, "Peranan Teknologi Akselerator Di Bidang Kesehatan: Telaah Pemanfaatan Dalam Bidang Diagnostic Imaging Untuk Kanker," in *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, Yogyakarta, 2012, pp. vii - ix.
- [3] H. Suryanto, "Perkembangan Teknologi Akselerator Partikel dan Beberapa Aplikasinya," in *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, Yogyakarta, 2010, pp. vii-xvi.
- [4] BATAN, "Renstra BATAN 2010-2014," BATAN, Ed., ed. Jakarta, 2010.
- [5] Vincent John et al, "on Active disturbance rejection based control design for superconducting RF Cavities" conference 2012
- [6] J. I. Su, "RF System," BATAN Accelerator School 2010, 2010.
- [7] P. Li, K. Fei, S. Hou, B. Ji, L. Xia, Z. Yin, T. Zhang, and F. Yang, "Alternative Cavity Tuning Control For CRM Cyclotron," in Particle Accelerator Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, 2009, pp. 2165-2167.
- [8] A. Mandal, S. Ghosh, S. Seth, S. Som, S. Paul, P. R. Raj, S. Roy, S. Saha, and R. K. Bhandari, "Advanced Closed-loop Trimmer Control System For Fine Tuning The RF Cavity of K500 Superconducting Cyclotron," in Indian Particle Accelerator InPAC 2011, New Delhi, 2011.
- [9] P. Anggraita, "Principles Cyclic Accelerator Technology," in *Materi Kuliah BATAN Accelerator School 2010*, ed: PTAPB Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2010.

Lampiran



Gambar 8. Gabungan Kendali ADRC dengan kendali PD