

Aplikasi Logika

Rudolf Rudi Hermanto

Jurusan Teknik Informatika ITB, Bandung, email: rudolf@students.itb.ac.id

Abstract – Kendali logika kabur (*Fuzzy Logic*) semakin banyak digunakan dalam aplikasi pengendalian dari mulai peralatan pabrik sampai dengan bidang biomedika. Diantara aplikasi logika kabur dalam bidang biomedika diantaranya adalah pada pemodelan dan pengendalian pergerakan kaki. Dalam makalah ini akan diuraikan pemodelan sambungan kaki dan pengendaliannya dengan menggunakan logika kabur. Pemodelan kaki akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Visual Nastran (VN), kemudian akan digunakan bersama-sama dengan Matlab/ Simulink untuk mengembangkan strategi pengendali logika kabur untuk mengendalikan pergerakan persambungan lutut. Keluaran dari kendali logika kabur adalah sinyal stimulasi FES yang menstimulasi perpanjangan lutut menghasilkan torsi pada sambungan lutut. Pengendalian plant seperti ini (lutut dan perpanjangannya adalah tugas yang sangat kompleks karena hanya perpanjangan (*extensor*) lutut yang di stimulasi untuk meng-*extent* lutut dan kemudian lutut dibiarkan meregang secara bebas dalam periode pelenturan. Sistem kendali logika kabur menunjukkan efektivitas dalam pengendalian khususnya dalam ketiadaan model matematis untuk sistem yang dikendalikan (*plant*).

Strategi pengendalian ini dapat juga digunakan untuk latihan putaran fungsional seperti perputaran ergonomik dan mendayung. Hasil simulasi yang membuktikan strategi kendali akan disajikan dan didiskusikan dalam makalah ini. Dua buah pergerakan fungsional sambungan lutut diamati dan catatan unjuk kerjanya menunjukkan hasil yang memuaskan.

Kata Kunci: Kendali Logika, Pergerakan putar, sambungan lutut.

1. PENDAHULUAN

Pengendalian pada dasarnya adalah proses memanipulasi variabel-variabel yang mempengaruhi untuk mencapai sebuah tujuan yang dikehendaki. Bagi kebanyakan sistem pengendalian, untuk dapat memanipulasi variabel-variabel diperlukanlah sebuah model matematis yang menggambarkan proses bekerjanya sistem yang akan dikendalikan (*plant*) yang akan dikendalikan. Dalam kenyataannya, terkadang model matematis yang sangat sesuai dengan proses yang terjadi sangat sulit ditemukan karena dunia nyata adalah non-linier sedangkan dalam pembuatan model matematis sering ada pendekatan linearisasi.

Sistem kendali logika kabur sangat sesuai digunakan dalam proses-proses yang tidak terdapat model matematisnya. Ini adalah salah satu keuntungan pengendali logika kabur ini. Demikian juga dalam makalah ini, model matematis yang benar-benar menggambarkan persambungan dan pergerakan memutar sambungan lutut akan sulit didapatkan, sehingga pendekatan dengan pengendali logika kabur akan sangat sesuai dengan kondisi ini. Artikel ini akan memaparkan penelitian yang sudah dilakukan.

Banyak orang diseluruh dunia menderita cedera spinal cord, yang biasanya disebabkan oleh kecelakaan

atau penyakit. Cedera urat syaraf tulang belakang (*Spinal Cord Injury, SCI*) menghasilkan hilangnya mobilitas dan sensasi. Disamping merusak blok transmisi sinyal-sinyal motor ke otot-otot fungsional, otot-otot masih bekerja dan dapat diaktifkan oleh stimulator eksternal [1], sehingga seseorang yang tidak

mempunyai kemampuan mengendalikan otot-ototnya akan dapat bergerak dengan menggunakan penggerak (*stimulator*) eksternal. Stimulasi listrik fungsional (*Functional Electrical Stimulation, FES*) bertujuan untuk membangkitkan pergerakan atau fungsi-fungsi yang membentuk pergerakan yang normal dan kemudian untuk memperbaiki fungsi-fungsi yang dilayani oleh pergerakan itu [2].

Keberhasilan sebuah sistem FES tergantung pada sistem kendalinya yang sesuai dengan kebutuhan masalah pengendalian yang dihadapi oleh penderita ketidakmampuan (*disable*). Pengawasan dari pemakai untuk sistem mungkin diperlukan dalam beberapa aplikasi, tetapi dalam aplikasi yang lain tingkat pengendalian yang lainnya dapat diharapkan.

Banyak kajian yang sudah menggunakan strategi pengendalian nonlinier untuk mengendalikan pergerakan sambungan lutut dengan menggunakan stimulasi otot *quadriceps* yaitu dilakukan oleh peneliti pada [4], [6], dan [7]. Pada [9], Kendali logika kabur digunakan untuk mengendalikan pergerakan berputar yang diinduksikan oleh FES melalui stimulasi baik kelompok otot *quadriceps* maupun *hamstrings*.

Sedangkan penggunaan pengendali logika kabur tanpa model (*model-free*) untuk mengendalikan pergerakan putar kaki melalui stimulasi hanya dengan otot *quadriceps* saja belum pernah dilaporkan sebelumnya. Pengendalian pergerakan tungkai dan lengan tunggal pada orang yang bagian bawah tubuhnya lumpuh merupakan bagian pendahuluan yang penting menuju fungsi pergerakan yang lebih kompleks seperti berdiri dan berputar [3]. Model kaki dengan alat bantu (*extensor*) lutut dikembangkan dalam penelitian ini dan

digunakan untuk mengembangkan strategi pengendalian gerakan sinusoida pada sambungan lutut yang sesuai. Pengendali yang sudah dikembangkan dapat digunakan untuk mengendalikan pergerakan berputar yang lebih kompleks seperti latihan bersepeda dan mendayung selama dalam masa proses rehabilitasi,

2. METODE PENELITIAN

Pembuatan Model Kaki

Model kaki sudah dirancang dalam perangkat lunak Visual Nastran (VN), yang digunakan untuk membangun model mekanik dan mensimulasikannya dalam waktu nyata (real time). Model-model yang digambarkan dalam program menggunakan perangkat lunak Computer aided Design (CAD) tertentu dapat juga ditransfer ke VN untuk disimulasikan. Hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah dimensi kaki harus dipilih secara tepat. Hal ini disebabkan karena hasil simulasi akan tergantung pada dimensi yang dipilih. Dalam penelitian ini, model manusia diasumsikan mempunyai tinggi 175 cm dan berat 75 Kg. Menggunakan data yang diberikan dalam standar dimensi manusia oleh Winter [8], panjang pahunya adalah 42.8 cm dengan berat sebesar 7.5 kg dan panjang tulang keringnya adalah 43 cm dengan berat sebesar 3.49 kg. Model kaki tersebut kemudian dapat dibuat dalam perangkat lunak VN dengan menggunakan parameter-parameter ini. Paha dan tulang keringnya dibuat dengan menggunakan perangkat lunak VN dan dihubungkan dengan sambungan yang dapat bergerak, yang membentuk sambungan lutut seperti terlihat dalam

Pembuatan Model Otot

Model otot yang digunakan disini adalah fungsi alih (transfer function) diantara stimulasi listrik dan resultan torsi lutut [5]. Fungsi ini diidentifikasi dengan menggunakan pendekatan parameter yang mempertimbangkan model keluarga ARX dan menggunakan metode akar terkecil pada galat antara data nyata dan keluaran model. Model kutub tunggal sederhana dengan gain statis yang tergantung pada frekuensi stimulasi terbukti mampu mengidentifikasi hubungan antara stimulasi dan torsi sambungan aktif dengan cukup akurat [5]. Model otot ini cocok untuk rentang pergerakan lutut dalam penelitian ini. Model otot digunakan untuk menggambarkan kelompok otot quadriceps dalam paha, yang lurus dengan sambungan lutut. Sehingga model otot akan bekerja sebagai alat bantu (extensor) lutut.

Perancangan Pengendali Logika Kabur

Pengendali logika kabur dikembangkan untuk mengendalikan pergerakan kaki dan membuat kaki mengikuti sinyal referensi yang berbentuk sinyal sinusoidal. Pemilihan input dan output pengendali logika kabur adalah proses yang sangat penting, karena hal ini penting untuk memastikan bahwa semua informasi yang dibutuhkan mengenai sistem yang dikendalikan (plant) tersedia dalam input pengendali. Sinyal pengendali adalah pulsa-pulsa stimulasi yang diaplikasikan pada model otot, yang menghasilkan torsi pada sambungan lutut dalam model VN. Input pada pengendali logika kabur adalah galat (antara pergerakan aktual lutut dan referensi), dan perubahan galat. Sinyal referensi dipilih adalah berupa gelombang sinus yang mempunyai frekuensi rad/sec. Sinyal ini diharapkan menggerakkan sambungan lutut secara sinusoidal dalam rentang dari 81.7 sampai 101.7. Sebagai hasilnya tulang kering dan tungkai lengan bawah akan bergerak dalam gerakan berputar, dan pergerakan ini dikendalikan oleh pengendali logika kabur. Setiap input pengendali logika kabur mempunyai lima fungsi keanggotaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pergerakan kaki dikendalikan untuk mengikuti sinyal sinusoidal tertentu. Rentang pergerakan total adalah 40. Pengendali diuji untuk rentang pergerakan yang berbeda-beda. Pengendali logika kabur hanya mengendalikan alat bantu (extensor) lutut dengan mengaplikasikan pulsa-pulsa pada model otot. Model otot dikendalikan dengan cara mengubah lebar pulsa, namun amplitudo dan frekuensi pulsa-pulsa stimulasi dijaga tetap konstan. Sangat sulit mengendalikan sistem seperti ini dengan pengendali linier sebab sistem yang dikendalikan (plant nya) adalah non-linier. Pengendali logika kabur adalah sebuah alternatif pengendali yang sangat baik untuk mengendalikan sistem ini (otot dan kaki) terutama dalam ketiadaan model matematis.

4. KESIMPULAN

Pengendali logika kabur digunakan untuk menggerakkan kaki mengikuti suatu gerakan yang sudah ditentukan sebelumnya. Unjuk kerja pengendali menunjukkan hasil yang memuaskan, sambungan lutut mengikuti sinyal referensi dan galat yang terjadi relatif kecil. Grafik unjuk kerja yang dihasilkan sama dengan pengendali nonlinear yang lainnya yang telah dipublikasikan. Strategi pengendalian ini dapat digunakan untuk pergerakan putar fungsional lainnya seperti latihan ergometri bersepeda dan mendayung.

Penelitian selanjutnya akan mengamati penggunaan model kaki dan otot yang lebih canggih.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Hunt K, McLean A, Exciting Innovation for the spinally injured, *Ingenia*, Vol: 1429 – 34, 2002.
- [2] Rushton DN, Functional electrical stimulation, *Physiological Measurement*, Vol: 18 241 – 275, 1997.
- [3] Negard N, Schauer T, Raisch J, Robust nonlinear control of knee joint angle: a simulation study, 3rd Wismar Symposium on Automatic Control, Germany, 2002.
- [4] Chang G, Luh J, A Neuro-Control system for the knee joint position control with quadriceps stimulation, *IEEE Transaction on Rehabilitation Engineering*, Vol:5 342 – 352, 1997
- [5] Ferrarin M, Pedotti A, The relationship between electrical stimulus and joint torque: A dynamic model, *IEEE Transaction on Rehabilitation Engineering*, Vol: 8 342 – 352, 2000.
- [6] Schauer T, Hunt K, Nonlinear predictive control of knee-joint angle using FES, Proceedings of the 5th annual conference of the international functional electrical stimulation society, Alborg, Denmark, 2000.
- [7] Ferrarin M, Palazzo F, Riener R, Model-based control of FES-induced single joint movements, *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, Vol 9 245 – 257, 2001.
- [8] Winter DA, *Biomechanics and motor control of human movement*, 2nd edition, Wiley-Interscience, New York, 1990.
- [9] Chen J, Yu N, Huang D, Ann B, Chang G, Applying fuzzy logic to control cycling movement induced by functional electrical stimulation, *IEEE transactions on rehabilitation engineering*, Vol: 5 158 – 169, 1997.
- [10] Massoud R, Tokhi MO, Gharooni CS, Hug MS, Fuzzy Logic Control of Cyclical Leg Motion, 10th Annual Conference of the International FES Society, July 2005 – Montreal, Canada. M. Ashari, P. Ardyono, G. Hendrantoro, “Panduan untuk Penulis Makalah”, *JAVA Journal*, vol. 1, no. 1, 2002, hal.1-6.
- [11] AB. Format, “Manuscript Format”, *Proc. Of SITIA*, Jun 2002, Surabaya, Indonesia, pp.6-9.
- [12] P. Surname, *Title of Books*, Prentice Hall, 1990
- [13] Heru Supriyono, Aplikasi Kendali Logika Kabur pada Pengendalian Pergerakan Kaki, 2004, hal 1-4.