

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI BERBASIS FUZZY
MENGUNAKAN PARAMETER *MYOELECTRIC* PADA UNS
LPPD HAND GENERASI KE-2**

Skripsi



**RAKA AULIYA RAHMAN
I 0313081**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2018**

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI BERBASIS FUZZY
MENGUNAKAN PARAMETER *MYOELECTRIC* PADA UNS
LPPD HAND GENERASI KE-2**

Skripsi

Sebagai Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**RAKA AULIYA RAHMAN
I 0313081**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM KENDALI BERBASIS FUZZY MENGUNAKAN PARAMETER MYOELECTRIC PADA UNS LPPD HAND GENERASI KE-2

SKRIPSI

oleh:

RAKA AULIYA RAHMAN
I 0313081

Telah disidangkan di Program Studi Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret dan diterima guna memenuhi persyaratan untuk mendapat gelar Sarjana Teknik.

Pada Hari : Rabu
Tanggal : 1 Agustus 2018

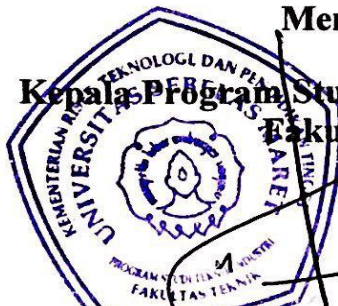
Tim Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. Susy Susmartini, MSIE
NIP. 19530101 198601 2 001
2. Ilham Priadythama, S.T.,M.T.
NIP. 19801124 200812 1 002
3. Dr. Ir. Lobes Herdiman, M.T.
NIP. 19641007 199702 1 001
4. I Wayan Suletra, S.T., M.T.
NIP. 197503082000121001

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Mengesahkan,

Kepala Program Studi Sarjana Teknik Industri
Fakultas Teknik,



Dr. Ir. Wahyudi Sutopo, S.T., M.Si., IPM
NIP. 19770625 200312 1 001

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Industri Universitas Sebelas Maret yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raka Auliya Rahman

NIM : I 0313081

Judul tugas akhir : Perancangan Sistem Kendali Berbasis Fuzzy Menggunakan Parameter Myoelectric Pada UNS LPPD Hand Generasi ke-2

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir atau Skripsi yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti Tugas Akhir yang saya susun tersebut merupakan hasil plagiat dari karya orang lain maka Tugas Akhir yang saya susun tersebut dinyatakan batal dan gelar sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, 1 Agustus 2018



Raka Auliya Rahman
NIM. I 0313081

SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Industri UNS yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Raka Auliya Rahman

NIM : I 0313081

Judul tugas akhir : Perancangan Sistem Kendali Berbasis Fuzzy Menggunakan Parameter Myoelectric Pada UNS LPPD Hand Generasi ke-2

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir atau Skripsi yang saya susun sebagai syarat kelulusan Sarjana S1 telah disusun secara bersama-sama dengan Pembimbing I dan Pembimbing II. Bersamaan dengan surat pernyataan ini bahwa hasil penelitian dari Tugas Akhir atau Skripsi yang saya susun bersedia digunakan untuk publikasi dari prosiding, jurnal, atau media penerbit lainnya baik di tingkat nasional maupun internasional sebagaimana mestinya yang merupakan bagian dari publikasi karya ilmiah.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, 1 Agustus 2018



Raka Auliya Rahman
NIM. I 0313081

ABSTRAK

Raka Auliya R, I0313081. PERANCANGAN SISTEM KENDALI BERBASIS FUZZY MENGGUNAKAN PARAMETER MYOELECTRIC PADA UNS LLPD HAND GENERASI KE-2. Skripsi. Surakarta: Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Juni 2018.

Prosthetic hand masih sulit diakses oleh penyandang disabilitas di Indonesia. Kompleksitas sistem kendali yang digunakan pada *prosthetic hand* menyebabkan harga yang sulit dijangkau bagi penyandang disabilitas terutama dari pekerja kelas menengah ke bawah. Selain itu, sebagian *prosthetic hand* dengan biaya rendah belum dapat digunakan secara fungsional atau terbatas dalam kemampuan menggenggam. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kendali menggunakan *multi-stage decision model* untuk meningkatkan kemampuan dalam membedakan tipe penggenggam yang hanya menggunakan instrumentasi sederhana. Sebanyak sepuluh laki-laki dengan kekuatan penggenggam normal dan *body mass index* (BMI) yang ideal dijadikan responden penelitian. Responden diminta untuk melakukan 5 jenis penggenggam : *cylindrical*, *spherical*, *lateral*, *hook*, dan *tip*. Perancangan instrumentasi sederhana dilakukan untuk merekam sinyal *myoelectric* yang ada pada lengan bawah dan diperkuat menggunakan *bio-amplifier*. Sinyal yang ditangkap kemudian ditapis dan diperkuat lagi untuk mempermudah pembacaannya. *Software True RTA (Real Time Analyzier)* digunakan untuk mengubah sinyal menjadi sebuah tampilan digital berbasis frekuensi. Kemudian, data sinyal tersebut diekstraksi menjadi beberapa parameter seperti *Mean Frequency* (MNF), *Median Frequency* (MDF), *Mean Power* (MNP), *Total Power* (TTP), *Moment Spectral* (SM) dan *Frequency Spectral Pattern* (FSP). Perancangan *fuzzy logic* dengan 5 parameter tersebut melalui dua tahap pemilihan keputusan. Strategi ini meningkatkan akurasi keberhasilan dalam membedakan tipe penggenggam dari 27% menjadi 76%.

Kata Kunci: *Fuzzy Logic, Parameter Sinyal Myoelectric, pengambilan keputusan, Tipe Penggenggam*

xix + 86 halaman; 120 gambar; 53 tabel

Daftar Pustaka: 56 (1985-2017)

ABSTRACT

Raka Auliya R, I0313081. DESIGN CONTROL SYSTEM BASED ON FUZZY USING MYOELECTRIC PARAMETER FOR UNS LPPD HAND 2nd GENERATION Thesis. Surakarta: Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, June 2018.

Functional myoelectric prosthetic hands are still difficult to access by Indonesian amputee. The Complex control system that is incorporated into the prostheses makes them less affordable for amputees who are mainly from low-middle class workers. In the other hand, most available low-cost prostheses are not functional or limited in grasping capabilities. This research aims to design a control system utilizing a multi-stage decision strategy to enable simple instrumentation to be capable to distinguish several grasping types. Ten Male with normal grasping powers and ideal body mass index (BMI) were included as subjects. The subjects asked to perform 5 types of grasping: cylindrical, spherical, lateral, hook, and tip motions. A Simple instrumentation was designed to record myoelectric signals from the lower arm then amplified using bio-amplifier. The recorded signals then filtered and amplified again to ensure their readability. TRUE RTA (Real Time Analyzer) was utilized to transform the signal into frequency based view. Then, some parameters as (MNP) Median (MDF) (MNP) Total (TTP) and Spectral Moment (SM) can be extracted. A fuzzy logic approach utilizing those parameters was designed in 2 stages decision strategy. Compare to the single stage strategy this model can increase the classification accuracy from 27% to 76%.

Keyword : *Fuzzy Logic, Decision Model, Myoelectric Signal Parameters, Grasping Type*

xix + 86 page; 120 pictures ; 53 tables

Reference: 56 (1985-2017)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis menyelesaikan Skripsi dengan judul “Perancangan Sistem Kendali Berbasis Fuzzy Menggunakan Parameter Myoelectric Pada UNS LPPD Hand Generasi ke-2”.

Selama melakukan penelitian dan penyusunan laporan Skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: kedua orang tua penulis, Dharma Laksana dan Endang Larassati yang memberikan dukungan, kasih dan kepercayaan yang begitu besar untuk penulis, Ibu Prof. Dr. Ir. Susy Susmartini, MSIE., dan Bapak Ilham Priadythama, S.T.,M.T., selaku pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan bimbingan, bantuan, dan dukungan kepada penulis, Bapak Dr. Ir. Lobes Herdiman, M.T. dan Bapak I Wayan Suletra S.T.,M.T., selaku penguji skripsi yang telah memberikan masukan demi terciptanya hasil penelitian yang berkualitas dan tidak lupa ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Keluarga Besar HMTI, Laboratorium P3 dan TI UNS 2013 atas kenangan dan pengalaman yang telah diberikan dapatkan. Selain itu, Penulis dedikasikan laporan Skripsi ini untuk orang yang meninggalkan Penulis, berbohong kepada Penulis, menilai Penulis sebelah mata, dan membuat Penulis terpuruk. Karena mereka, Penulis memiliki mental yang lebih kuat dari sebelumnya.

Namun, tidak lepas dari semua itu, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu, adanya kritik dan saran yang membangun diperlukan agar Skripsi ini menjadi lebih baik. “Kaki yang melangkah ke ruang dosen lebih dari biasanya, tangan yang mengetik lebih dari biasanya, dan usaha yang lebih kuat dari kritikan dosen”. Allah SWT akan selalu bersama mahasiswa tingkat akhir. Semoga kesuksesan selalu bersama kita semua. Aamiin Ya rabbal'alamin. **HIDUP MAHASISWA!**

Surakarta, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | | |
|-----------------------|---|-------|
| ABSTRAK | | v |
| ABSTRACT | | vi |
| KATA PENGANTAR | | vii |
| DAFTAR ISI | | viii |
| DAFTAR TABEL | | xii |
| DAFTAR GAMBAR | | xiii |
| BAB I | PENDAHULUAN | |
| | 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| | 1.2 Perumusan Masalah | I-5 |
| | 1.3 Tujuan Penelitian | I-5 |
| | 1.4 Manfaat Penelitian | I-5 |
| | 1.5 Batasan Masalah | I-6 |
| | 1.6 Asumsi Penelitian | I-6 |
| | 1.7 Sistematika Penulisan | I-6 |
| BAB II | TINJAUAN PUSTAKA | |
| | 2.1 Perkembangan Penelitian Pada Sistem Kendali UNS LPPD <i>Hand</i> | II-1 |
| | 2.2 Terminologi Teknis Anggota Gerak Bagian Atas | II-2 |
| | 2.3 Prosthetic Hand | II-7 |
| | 2.3.1 <i>Passive prosthetic</i> | II-7 |
| | 2.3.2 <i>Body-powered prosthetic</i> | II-8 |
| | 2.3.3 <i>Myoelectric prosthetic</i> | II-9 |
| | 2.3.4 <i>System-hybrid prosthetic</i> | II-9 |
| | 2.4 Sinyal Myoelectric | II-10 |
| | 2.5 <i>Myoelectric Prosthetic Hand</i> | II-11 |
| | 2.6 <i>Electromyografi (EMG)</i> | II-13 |
| | 2.7 Parameter Sinyal <i>Myoelectric</i> Berbasis Frekuensi | II-13 |
| | 2.7.1 <i>Mean Frequency (MNF)</i> | II-14 |
| | 2.7.2 <i>Median Frequency (MDF)</i> | II-14 |
| | 2.7.3 <i>Peak Frequency (PKF)</i> | II-14 |
| | 2.7.4 <i>Mean Power (MNP)</i> | II-14 |

| | | |
|--------|--|-------|
| 2.7.5 | <i>Total Power (TTP)</i> | II-15 |
| 2.7.6 | <i>Spectral Pattern (SM)</i> | II-15 |
| 2.7.7 | <i>Frequency Spectral Pattern (FSP)</i> | II-15 |
| 2.8 | Analisis Robustness Parameter SME | II-15 |
| 2.9 | Gerakan Penggengaman Tangan Manusia | II-16 |
| 2.10 | Rangkaian Penapis Frekuensi | II-19 |
| 2.10.1 | Klasifikasi Filter berdasarkan Tipe Penguatan | II-19 |
| 2.10.2 | Berdasarkan Frekuensi yang Dilewatkan | II-20 |
| 2.10.3 | Berdasarkan Bentuk Respon terhadap Gain | II-20 |
| 2.10.4 | <i>Band-Pass Filter</i> | II-20 |
| 2.11 | Komponen Pembentuk Instrumentasi Penangkap Sinyal <i>Myoelectric</i> | II-21 |
| 2.11.1 | Elektroda Permukaan Ag/AgCl | II-21 |
| 2.11.2 | Penguat Diferensial Instrumentasi AD 620 | II-22 |
| 2.11.3 | Penapis Instrumen LF 353 | II-23 |
| 2.12 | Uji Normalitas Data | II-24 |
| 2.13 | Uji T | II-25 |
| 2.14 | Logika Fuzzy | II-25 |
| 2.15 | Fungsi Keanggotaan Fuzzy | II-28 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | | |
|-------|---|-------|
| 3.1 | Identifikasi Masalah | III-2 |
| 3.2 | Rumusan Masalah | III-2 |
| 3.3 | Penetapan Tujuan Penelitian | III-2 |
| 3.4 | Studi Literatur | III-3 |
| 3.5 | Persiapan Penelitian | III-3 |
| 3.6 | Pembuatan Instrumentasi Penangkap Sinyal <i>Myoelectric</i> | III-5 |
| 3.7 | Penentuan Subjek Penelitian | III-5 |
| 3.8 | Kalibrasi dan Pengujian Instrumental | III-6 |
| 3.8.1 | Tahap Kalibrasi | III-7 |
| 3.8.2 | Pengujian Instrumentasi Tahap 1 | III-7 |
| 3.8.3 | Pengujian Instrumentasi Tahap 2 | III-8 |
| 3.9 | Penangkapan Sinyal <i>Myoelectric</i> | III-8 |

| | | |
|---|--|--------|
| 3.10 | Analisis <i>Robustness</i> Parameter | III-10 |
| 3.11 | Pembuatan Logika <i>Fuzzy</i> untuk Mengklasifikasikan Tipe Penggengaman | III-11 |
| 3.12 | Analisis dan Interpretasi Hasil | III-12 |
| 3.13 | Kesimpulan dan Saran | III-13 |
| BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA | | |
| 4.1 | Pengumpulan Data | IV-1 |
| 4.1.1 | Identifikasi Masalah UNS LPPD Hand | IV-1 |
| 4.1.2 | Perancangan Instrumentasi Penangkapan Sinyal <i>Myoelectric</i> | IV-2 |
| 4.1.3 | Uji Persamaan Output (Oscilloscope dengan TRUE RTA) | IV-5 |
| 4.1.4 | Pengumpulan Data Sinyal <i>Myoelectric</i> | IV-6 |
| 4.2 | Pengolahan Data | IV-6 |
| 4.2.1 | Perhitungan Parameter Sinyal <i>Myoelectric</i> | IV-7 |
| 4.2.2 | Uji Normalitas | IV-11 |
| 4.2.3 | Uji T Berpasangan | IV-11 |
| 3.14 | Pembuatan Logika <i>Fuzzy</i> untuk Mengklasifikasikan Gerakan Dasar Tipe Penggengaman | IV-11 |
| 3.15 | Pengujian Logika Kendali <i>Fuzzy</i> | IV-22 |
| BAB V ANALISIS | | |
| 5.1 | Analisis <i>Robustness</i> Parameter <i>Myoelectric</i> | V-1 |
| 5.2 | Analisis Hasil Rancangan Logika <i>Fuzzy</i> | V-5 |
| 5.3 | Analisis Hasil Pengujian Klasifikasi Tipe Penggengaman | V-6 |
| 5.4 | Dampak Penggunaan Model Logika <i>Fuzzy Multi Stage Decision Strategy</i> pada Prosthetic Hand | V-7 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | |
| 6.1 | Kesimpulan | VI-1 |
| 6.2 | Saran | VI-1 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan data

L-1

Lampiran 1 Grafik FSP

L-300

Lampiran 1 Uji Normalitas

L-311

Lampiran 1 Uji T Berpasangan

L-321



DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|--|----------------|
| Tabel 2.1 | Hubungan Besar Hambatan dengan Perbesaran yang Dihasilkan oleh AD620 | II-22 |
| Tabel 4.1 | Data perhitungan parameter penggengaman cylindrical subjek penelitian 1 | IV-8 |
| Tabel 4.2 | Tabel rekapitulasi hasil uji regresi | IV-10 |
| Tabel 4.3 | Rekapitulasi parameter <i>myoelectric robust</i> | IV-12 |
| Tabel 4.4 | Rekapitulasi nilai parameter sinyal <i>myoelectric</i> berdasarkan tipe penggengaman | IV-12 IV-13 |
| Tabel 4.5 | Rekapitulasi nilai parameter sinyal <i>myoelectric</i> FSP berdasarkan tipe penggengaman | IV-13 |
| Tabel 4.6 | Normalisasi fungsi keanggotaan parameter sinyal <i>myoelectric</i> | IV-13 |
| Tabel 4.7 | Normalisasi fungsi keanggotaan parameter FSP | IV-14 |
| Tabel 4.8 | Tabel pengujian model <i>fuzzy logic</i> | IV-23 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-------|
| Gambar 2.1 Skema perkembangan penelitian pada sistem kendali UNS LPPD hand | II-1 |
| Gambar 2.2 Otot bagian bawah pada lengan manusia | II-3 |
| Gambar 2.3 Anatomi otot untuk gerakan extensor | II-4 |
| Gambar 2.4 <i>Schematic drawing superficialis layer (flexor)</i> | II-5 |
| Gambar 2.5 <i>Schematic drawing deep layer (flexor)</i> | II-5 |
| Gambar 2.6 Posisi otot ekstensor pada lengan tangan (schematic drawing) | II-6 |
| Gambar 2.7 <i>Passive prosthetic hand</i> | II-8 |
| Gambar 2.8 <i>Body-powered prosthetic hand</i> | II-8 |
| Gambar 2.9 Elemen elektrik myoelectric prosthetic hand | II-12 |
| Gambar 2.10 Elemen mekanik myoelectric prosthetic hand | II-12 |
| Gambar 2.11 Klasifikasi pengenggaman berdasarkan schlesinger | II-17 |
| Gambar 2.12 Taksonomi pengenggaman berdasarkan fiex | II-18 |
| Gambar 2.13 Skema <i>Band-Pass Filter</i> | II-20 |
| Gambar 2.14 Kurva Penapisan <i>Band-pass Filter</i> | II-21 |
| Gambar 2.15 Keterangan Kaki pada AD 620 | II-23 |
| Gambar 2.16 Keterangan Kaki pada LF 353 | II-24 |
| Gambar 2.17 Fungsi keanggotaan representasi linier | II-28 |
| Gambar 2.18 Fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga | II-29 |
| Gambar 2.19 Fungsi keanggotaan representasi kurva trapesium | II-29 |
| Gambar 2.20 Fungsi keanggotaan representasi kurva bentuk bahu | II-30 |
| Gambar 2.21 Fungsi keanggotaan representasi kurva-s pertumbuhan | II-30 |
| Gambar 2.22 Fungsi keanggotaan representasi kurva-s penyusutan | II-31 |
| Gambar 2.23 Fungsi keanggotaan representasi karakteristik kurva-s | II-31 |
| Gambar 2.24 Fungsi keanggotaan representasi kurva bentuk lonceng (kurva pi) | II-32 |
| Gambar 2.25 Fungsi keanggotaan representasi kurva bentuk lonceng (kurva beta) | II-32 |
| Gambar 2.26 Fungsi keanggotaan representasi kurva bentuk lonceng (kurva gauss) | II-33 |

| | |
|---|--------|
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian | III-1 |
| Gambar 3.2 Gambar Function Generator | III-4 |
| Gambar 3.3 Gambar <i>Oscilloscope</i> | III-4 |
| Gambar 3.4 <i>Flow chart</i> protokol penangkapan sinyal myoelectric | III-8 |
| Gambar 3.5 <i>Time Function Map</i> pada penangkapan sinyal myoelectric | III-9 |
| Gambar 3.6 Skema <i>fuzzy logic single-stage decision model</i> | III-11 |
| Gambar 3.7 Skema <i>fuzzy logic multi-stage decision model</i> | III-12 |
| Gambar 4.1 Konfigurasi pin pada AD 620 | IV-3 |
| Gambar 4.2 Konfigurasi pin pada LF 353 | IV-4 |
| Gambar 4.3 Rangkaian Instrumentasi Penangkap Sinyal Myoelectric Keseluruhan | IV-4 |
| Gambar 4.4 Instrumentasi penangkap sinyal <i>myoelectric</i> | IV-5 |
| Gambar 4.5 FSP <i>Cylindrical - spherical</i> 23 hz – 16.000 hz | IV-9 |
| Gambar 4.6 FSP <i>Cylindrical - spherical</i> 23 hz – 100 hz | IV-9 |
| Gambar 4.7 FSP <i>Cylindrical – spherical</i> 3250 hz – 5000 hz | IV-10 |
| Gambar 4.8 Fungsi keanggotaan tipe penggengaman awal dari parameter TTP | IV-15 |
| Gambar 4.9 Fungsi keanggotaan output untuk tipe penggengaman awal | IV-16 |
| Gambar 4.10 Rule yang digunakan untuk tipe penggengaman awal | IV-16 |
| Gambar 4.11 Fungsi keanggotaan dari parameter MNP tipe penggengaman <i>power</i> | IV-17 |
| Gambar 4.12 Fungsi keanggotaan output untuk tipe penggengaman <i>power</i> | IV-18 |
| Gambar 4.13 <i>Rule</i> yang digunakan untuk tipe penggengaman <i>power</i> | IV-18 |
| Gambar 4.14 Fungsi keanggotaan dari parameter MNP | IV-19 |
| Gambar 4.15 Fungsi keanggotaan <i>output</i> untuk tipe penggengaman <i>precision</i> | IV-19 |
| Gambar 4.16 <i>Rule</i> yang digunakan untuk tipe penggengaman <i>precision</i> | IV-20 |
| Gambar 4.17 <i>Rule viewer</i> tipe penggengaman awal | IV-21 |
| Gambar 4.18 <i>Rule viewer</i> tipe penggengaman <i>power</i> | IV-21 |
| Gambar 4.19 <i>Rule viewer</i> tipe penggengaman <i>precision</i> | IV-22 |