# chHALAMAN JUDUL

**LAPORAN PROYEK AKHIR**

**Pemanas**



Disusun oleh:

Naufal Rashad Aryaputra

19/447081/SV/16800

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**

**TEKNOLOGI REKAYASA INSTRUMENTASI DAN KONTROL**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA**

**SEKOLAH VOKASI**

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**YOGYAKARTA**

**2023**

**Pemanas**

**Proyek Akhir**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol**

**Diajukan sebagai syarat kelengkapan studi jenjang Sarjana Terapan**

**untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol**

**Oleh:**

**NAUFAL RASHAD ARYAPUTRA**

**19/447081/SV/16800**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**

**TEKNOLOGI REKAYASA INSTRUMENTASI DAN KONTROL**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA**

**SEKOLAH VOKASI**

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**YOGYAKARTA**

**2023**

# DAFTAR ISI

[HALAMAN JUDUL i](#_Toc132112220)

[DAFTAR ISI iii](#_Toc132112221)

[DAFTAR GAMBAR vi](#_Toc132112222)

[ABSTRACT vii](#_Toc132112223)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc132112224)

[1.1. Latar Belakang 1](#_Toc132112225)

[1.2. Rumusan Masalah 1](#_Toc132112226)

[1.3. Batasan Masalah 1](#_Toc132112227)

[1.4. Tujuan Proyek Akhir 1](#_Toc132112228)

[1.5. Manfaat Proyek Akhir 2](#_Toc132112229)

[1.6. Sistematika Penulisan 2](#_Toc132112230)

[BAB II TINJAUAN PUSTAKA 3](#_Toc132112231)

[2.1. Lingkup Tinjauan Pustaka 3](#_Toc132112232)

[2.2. Dasar Teori 5](#_Toc132112233)

[2.2.1. Tissue Processor 5](#_Toc132112234)

[2.2.2. Pemanas 6](#_Toc132112235)

[2.2.3. Sensor Panas (Dallas DS1820) 6](#_Toc132112236)

[2.2.4. STM32G 7](#_Toc132112237)

[2.2.5. LQR 7](#_Toc132112238)

[2.3. Hipotesis 7](#_Toc132112239)

[BAB III METODE PROYEK AKHIR 8](#_Toc132112240)

[3.1. Bahan 8](#_Toc132112241)

[3.2. Peralatan 8](#_Toc132112242)

[3.3. Tahapan Proyek Akhir 9](#_Toc132112243)

[3.3.1. Perencanaan 9](#_Toc132112244)

[3.3.2. Proses Manufaktur/Pelaksanaan 9](#_Toc132112245)

[3.3.3. Pengujian dan Pengambilan data 10](#_Toc132112246)

[3.3.4. Evaluasi dan Perbaikan 10](#_Toc132112247)

[3.4. Rancangan Alat/Purwarupa dan Analisis Data 10](#_Toc132112248)

[3.4.1. Prinsip kerja alat 10](#_Toc132112249)

[3.4.2. Perancangan sistem elektroniss 10](#_Toc132112250)

[3.4.3. Perancangan Mekanikal alat 10](#_Toc132112251)

[3.4.4. Pengambilan Data Open Loop Temperatur Pemanas Air 10](#_Toc132112252)

[3.4.5. Desain Permodelan Sistem Kendali 10](#_Toc132112253)

[3.4.6. Perancangan Desain Model PID 10](#_Toc132112254)

[3.4.7. Perancangan Desain Model LQR 10](#_Toc132112255)

[3.4.8. Analisis data 10](#_Toc132112256)

[DAFTAR PUSTAKA 11](#_Toc132112257)

**DAFTAR TABEL**

[Tabel 1. Bahan 7](#_Toc131848380)

[Tabel 2. Alat 7](#_Toc131848381)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 1. Rangkaian Sensor DS18B20 (Aritonang, dkk 2021) 6](#_Toc131848395)

[Gambar 2. Cycle of PDCA adapted from (Gorenflo and Moran, 2009; Silva, Medeiros and Vieira, 2017) 8](#_Toc131848396)

# ABSTRACT

*MAXIMUM POWER POINT TRACKER* (MPPT) *PERTURB & OBSERVE* (P&O) *ALGORITHM OPTIMIZATION ON THE PHOTOVOLTAIC BY USING XILINX ZYNQ FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY* (FPGA)

Naufal Rashad Aryaputra

19/447081/SV/16800

Abstraction…

Keywords : MPPT, *Perturb & Observe*, FPGA, *Photovoltaic*

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

1. Tissue processor fungsi dan proses didalamnya
2. Problem harga yang mahal dan masih jarang digunakan
3. TKDN dan urgensi TKDN dalam menurunkan harga

## Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang, untuk memaksimalkan pemanfaatan energi panel surya menggunakan algoritma *Perturb & Observe* (P&O). Maka, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana performa kecepatan *Field Progammable Gate Array* (FPGA) untuk dapat merespon *Maximized Power Point* (MPP) setelah diberi masukan nilai tegangan dan arus?
2. Berapa besar nilai efisiensi yang dihasilkan jika dibandingkan antara daya keluaran panel surya dengan keluaran *Maximized Power Point* (MPP)?
3. Berapa besar galat (*error*) pada sensor tegangan dan arus yang digunakan sebagai parameter input dari *Maximized Power Point Tracker* (MPPT)?
4. Bagaimana pe

## Batasan Masalah

Berikut batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Penggunaan internet pengendara.
2. Wilayah yang masih belum terjangkau internet.
3. Perangkat yang hanya mendeteksi kemiringan.
4. Kecelakaan motor diasumsikan akan terjatuh pada 2 sisi yaitu kanan dan kiri.
5. Pengiriman data menggunakan mikrokontroler ESP32

## Tujuan Proyek Akhir

1. Merancang sistem yang mampu memberikan pemberitahuan kepada orang terdekat yang mengalami kecelakaan.
2. Merancang sistem yang mampu mendeteksi kecelakaan pada motor.
3. Merancang sistem yang dapat mengirim pesan informasi telah terjadi kecelakaan pada motor ke pihak terdekat menggunakan internet.

## Manfaat Proyek Akhir

Manfaat penelitian yang diperoleh dalam pembuatan sistem pemberitahuan kecelakaan pada motor menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) adalah mempercepat pemberitahuan informasi kecelakaan kepada pihak terdekat dengan harapan dapat mempercepat penanganan korban kecelakaan atas keterlambatan pihak terkait.

## Sistematika Penulisan

Adapun penulisan sistematika dalam penulisan proyek akhir yang dilakukan, antara lain sebagai berikut:

**BAB I: PENDAHULUAN**

Meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

**BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Memuat informasi tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya dan dasar teori dalam perancangan penelitian ini.

**BAB III: METODE PROYEK AKHIR**

Meliputi waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, perincian alat dan bahan, metode penelitian, implementasi sistem, metode pengambilan data, dan metode analisis data.

**BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Memuat hasil perancangan dan penelitian, pengujian dan pembahasan mengenai penelitian yang telah diimplementasikan.

**BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN**

Memuat kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian yang telah sesuai dengan tujuan penelitian serta saran dari penulis untuk penelitian lebih lanjut.

# TINJAUAN PUSTAKA

## Lingkup Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan langkah penting sebelum melakukan penelitian. Dalam tahap ini, publikasi dan referensi yang terkait ditinjau untuk memastikan penelitian dapat memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan serta mengisi celah yang belum terjawab dalam penelitian yang dilakukan sebelumnya.

Dalam penelitian dengan judul "*Design of Industrial and Agricultural Remote Temperature Control Box Based on STM32*" pada tahun 2021. Han dkk, membuat penelitian pengendali suhu ruangan dengan menggunakan mikrokontroler STM32 sebagai pusat pemrosesan data. STM32 dipilih karena dapat kemampuannya dalam pengolahan data untuk sistem kontrol suhu. Penelitian ini menggunakan sensor DS18b20 untuk melakukan pengukuran suhu karena memiliki akurasi yang tinggi dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler STM32. Untuk dapat mengontrol aktuator seperti kipas, terdapat komponen relay yang dihubungkan dengan mikrokontroler STM32 melalui pin GPIO. Relay digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan alat pendingin atau pemanas yang terhubung dengan kotak kontrol suhu, sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler. Dengan memanfaatkan sensor DS18b20 dan relay, kotak kontrol suhu yang dirancang dapat memonitor suhu pada lingkungan yang berbeda dan mengontrol perangkat pendingin atau pemanas untuk mempertahankan suhu yang diinginkan. Data suhu yang diukur kemudian diolah oleh mikrokontroler STM32 dan dikirimkan ke server melalui jaringan Wi-Fi untuk dipantau secara jarak jauh. Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa perangkat dapat bekerja dengan baik dengan memanfaatkan STM32, sensor suhu DS18B20 dan relay untuk mengontrol suhu ruangan. Namun, pengaturan belum bisa dilakukan secara maksimal karena tidak adanya respon system kendali seperti PID atau LQR pada perangkat.

Penelitian yang menerapkan sistem control PID pada pemanas menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan pemanas air tradisional, pemanas yang dilengkapi dengan pengukur suhu dan sistem kendali mampu mempersingkat proses pemanasan. Hal tersebut dituangkan pada penelitian berjudul “*Design of Measurement and Control System for PID-based Instant Hot Water Heaters”* pada tahun 2022 oleh Lv, dkk. Hasil pengujian dari penelitian ini membuktikan bahwa dengan menerapkan sistem kendali PID pada pemanas, mampu meningkatkan efisiensi konsumsi energi sebesar 20% dengan menjaga suhu air pada setpoint yang diinginkan. Dalam menentukan parameter dari PID diperlukan tuning yang tepat sehingga menghasilkan sistem yang stabil.

Penelitian berjudul "*Implementation of Ziegler-Nichols PID Tuning Method on Stabilizing Temperature of Hot-water Dispenser*" pada tahun 2019. Aisuwarya and Hidayati, melakukan penelitian dengan menerapkan metode tuning Ziegler Nichols untuk menentukan parameter dari kendali PID pada pemanas air. Untuk melakukan percobaan terdapat beberapa langkah yang dilakukan oleh penulis, diantaranya adalah

* Melakukan uji sistem terbuka dengan memberikan input step pada sistem kontrol suhu pada hot-water dispenser dan mencatat respon tanggapan sistem (output).
* Menghitung nilai ku (ultimate gain) dan pu (ultimate period) dari respon tanggapan sistem. Nilai ku adalah nilai puncak dari tanggapan sistem pada steady-state, sedangkan nilai pu adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk melakukan satu siklus osilasi.
* Berdasarkan nilai ku dan pu, menentukan nilai Kp, Ki, dan Kd sesuai dengan tabel Ziegler-Nichols.

Setelah melakukan percobaan, didapatkan parameter control suhu yang optimal sehingga mampu meningkatkan performa control suhu pada hot water dispenser dengan nilai steady state error (SSE) yang lebih rendah dengan respon sistem yang lebih cepat. Namun menurut penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa PID memiliki beberapa kelemahan jika dibandingkan dengan sistem kendali lainnya seperti LQR yang bisa menghasilkan performa yang lebih baik.

Penelitian dengan judul "Perbandingan Metode PID, MPC, dan LQR pada Sistem Pemanas Air Bottle Washer Berbasis MATLAB" pada tahun membandingkan tiga metode kendali yaitu PID, MPC, dan LQR pada sistem pemanas air pada mesin cuci botol.

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode MPC dan LQR memiliki performa yang lebih baik dalam menjaga suhu air tetap stabil dan konsisten pada mesin cuci botol jika dibandingkan dengan metode PID. Hal ini disebabkan karena MPC dan LQR memiliki kemampuan untuk memprediksi perubahan suhu dan mengoptimalkan kendali, sehingga dapat memberikan respon yang lebih cepat dan akurat dalam mengendalikan suhu pada mesin cuci botol. Menurut (Intan Ekaputri Supriyo, 2020), perbandingan sistem kendali diperlukan pada sistem pemanas karena setiap metode kendali memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda, tergantung pada kebutuhan dan karakteristik sistem yang akan diatur. Penelitian ini berhasil membandingkan tiga metode kendali yang berbeda dan menunjukkan perbedaan performa yang signifikan antara ketiganya. Hal ini dapat membantu dalam memilih metode kendali yang paling cocok untuk aplikasi sistem pemanas air pada mesin cuci botol. Namun, penelitian ini juga memiliki kelemahan/kekurangan, yaitu penelitian dilakukan pada skala laboratorium yang kecil, sehingga belum dapat merepresentasikan kondisi praktis pada aplikasi industri. Selain itu, penelitian ini hanya fokus pada aplikasi pemanas air pada mesin cuci botol saja, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji dan membandingkan performa metode kendali pada aplikasi pemanas lainnya.

**Gap sama tuujuan alat**

## Dasar Teori

### Tissue Processor

Tissue processing atau pengolahan jaringan merupakan salah satu tahapan penting dalam teknik histologi. Pengolahan jaringan ini merupakan tahapan penting dalam teknik histologi yang memiliki tujuan utama untuk mempersiapkan jaringan agar dapat diamati di bawah mikroskop. Teknik ini memiliki memiliki peran yang penting dalam bidang diagnostik medis, penelitian biomedis, dan pengembangan obat dan terapi. Buku "Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques" (Wolfe, 2019), menjelaskan beberapa langkah dalam pengolahan jaringan. Tahapan pengolahan jaringan meliputi fiksasi, dehidrasi, pembedahan dalam parafin, pewarnaan, dan pengamatan.



Gambar 1. *Tissue Processor*

### Pemanas

### Sensor Panas (Dallas DS1820)

Sensor DS18B20 merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi temperatur suatu permukaan, sensor ini dapat memberikan pembacaan suhu dalam bentuk sembilan bit (biner) dan dapat berkomunikasi dengan chip tunggal menggunakan protokol komunikasi DS1802. Setiap DS1802 memiliki nomor urutan yang spesifik, Beberapa DS1820 dapat bekerja pada bus yang sama tanpa khawatir kekurangan bus. Pin dari DS1820 ditunjukkan pada Gambar 1:

Diagram

Description automatically generated

Gambar 2. Rangkaian Sensor DS18B20 (Aritonang, dkk 2021)

Spesifikasi penggunaan dari sensor ini DS1820 adalah pin satu adalah ground; pin dua untuk melakukan transmisi data; pin tiga menghubungkan VCC. Karakteristik yang dimiliki oleh sensor ini adalah akurasi sebesar ±0,5℃ dengan rentang penggunaan suhu antara -10℃ sampai 85℃. Sensor ini memiliki tegangan kerja sebesar 3-5 volt. (Xiaohui & Kewei, 2018)

### STM32G

### LQR

## Hipotesis

Alat akan dapat mengirimkan pesan kepada *smarthphone* orang terdekat pengendara ketika sensor MPU6050 menghasilkan sudut kemiringan 70 derajat dan -70 derajat.

# METODE PROYEK AKHIR

## Bahan

Proses perancangan, manufaktur dan pengujian dilakukan di lab M203 yang terletak di Gedung Herman Yohanes Departemen Teknik Elektro dan Informatika Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Pemanas akan digunakan sebagai salah satu tahapan dalam pengolahan jaringan yaitu proses parafinisasi atau perendaman dalam paraffin. Proses ini membutuhkan perangkat yang mampu berfungsi untuk melelehkan parafin dengan suhu stabil 46-68 derajat Celsius (Baskin, 2014). Untuk itu dibutuhkan beberapa komponen agar alat dapat berfungsi dengan baik. Berikut Tabel 1 adalah bahan yang dibutuhkan

Tabel 1. Bahan

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Bahan | Spesifikasi | Jumlah | Satuan | Keterangan |
| 1 | STM32G | STM32G030F6P6 | 1 | Buah | MCU |
| 2 | Sensor DSB1820 | 3.3v-5v | 1 | Buah | Sensor Suhu |
| 3 | Pemanas | AC | 1 | Buah | Pemanas |
| 4 | LED Merah | 3mm | 1 | Buah | Indikator |
| 5 | Push Button | 6x6x10 | 3 | Buah | Pengatur suhu |
| 6 | AP2112K | 5 to 3.3v | 1 | Buah | Regulator |
| 7 | Relay | 220VAC, 3A | 1 | Buah | Saklar |
| 8 | Timah Solder | 0.8mm | 1 | Buah | Penyambung |

## Peralatan

Proses perancangan dan manufakturing memerlukan alat tambahin untuk merakit sehingga alat dapat tercipta sesuai yang diinginkan. Beberapa alat yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 2. Alat

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Alat | Spesifikasi | Jumlah | Satuan | Keterangan |
| 1 | Solder | - | 1 | Buah | - |
| 2 | Multimeter | - | 1 | Buah | - |
| 3 | Tang | - | 1 | Buah | - |

## Tahapan Proyek Akhir

Tahapan penelitian menggunakan proses Plan-Do-Check-Act (PDCA) guna menjamin kualitas alat. Siklus PDCA dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi saat proses manufaktur, selain itu proses ini juga dapat mengevaluasi dan memperbaiki produk untuk melakukan pengembangan kedepannya seperti pada Gambar 2. (Ardhyani et al., 2020)

Gambar 3*. Cycle of PDCA adapted from* (Gorenflo & Moran, 2009; Silva et al., 2017)

### Perencanaan

Tahap pertama yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini adalah dengan melakukan riset terlebih dahulu dengan mempelajari penelitian yang sebelumnya sudah dilakukan untuk menentukan spesifikasi dari alat yang dirancang supaya mampu memenuhi kebutuhan penelitian secara umum. Setelah proses riset secara literature review sudah dilakukan, langkah selanjutnya adalah merancang pembuatan konsep alat. Proses perancangan mencakup beberapa bagian yaitu proses perancangan mekanis, elektronis, perangkat lunak, dan melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing proyek akhir. Seluruh proses perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan, karakteristik, dan standar yang sesuai dengan industri.

### Proses Manufaktur/Pelaksanaan

Pembuatan alat diawali dengan memperhatikan kesesuaian desain awal dengan komponen yang tersedia, selain itu proses ini juga memiliki beberapa kebutuhan diantaranya adalah kemampuan untuk menerima dan memproses data sensor, melakukan komputasi, mengatur suhu dan menampilkannya pada penampil yang terdapat pada alat. Komponen elektronis disatukan dalam satu printed circuit board (PCB) yang akan dibuat dengan memanfaatkan fasilitas lab.

### Pengujian dan Pengambilan data

Tahap pengujian bertujuan untuk menguji sekaligus mengambil data sebagai indicator apakah alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan sekaligus menjadi bahan evaluasi untuk pengembangan lanjutan. Target dari tahap ini adalah tingkat akurasi dari pembacaan sensor dan keberhasilan pemanas untuk mencapai suhu yang diinginkan. Luaran dari tahap ini adalah data pembacaan sensor dan analisa dari sistem kendali yang digunakan.

### Evaluasi dan Perbaikan

Tahapan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi alat menjadi lebih baik lagi dan melakukan perbaikan jika diperlukan. Bahan evaluasi didapatkan dari data yang sebelumnya diperoleh dalam proses pengujian dan penerapan langsung pada alat tissue processor.

## Rancangan Alat/Purwarupa dan Analisis Data

### Prinsip kerja alat

### Perancangan sistem elektronis

### Perancangan Mekanikal alat

### Pengambilan Data Open Loop Temperatur Pemanas Air

### Desain Permodelan Sistem Kendali

### Perancangan Desain Model PID

### Perancangan Desain Model LQR

### Analisis data

# DAFTAR PUSTAKA

Aisuwarya, R., & Hidayati, Y. (2019). Implementation of ziegler-nichols PID tuning method on stabilizing temperature of hot-water dispenser. *2019 16th International Conference on Quality in Research, QIR 2019 - International Symposium on Electrical and Computer Engineering*. https://doi.org/10.1109/QIR.2019.8898259

Ardhyani, I. W., Aziza, N., Retnowati, D., Prasnowo, M. A., Adriansyah, G., Anshori, M., Fudhla, A. F., Purdiansyah, W. R., & Hidayat, K. (2020). Quality improvement analysis with plan-do-check-action (Pdca). *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, *59*.

Aritonang, W., Bangsa, I. A., & ... (2021). Implementasi Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor Tekanan MPX5700AP menggunakan Mikrokontroller Arduino Pada Alat Pendeteksi Tingkat Stress. *Jurnal Ilmiah Wahana …*, *7*(1).

Baskin, D. G. (2014). Fixation and Tissue Processing in Immunohistochemistry. *Pathobiology of Human Disease: A Dynamic Encyclopedia of Disease Mechanisms*, 3797–3806. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386456-7.07402-5

Gorenflo, G., & Moran, J. W. (2009). The ABCs of PDCA. *NACCHO*, *June*.

Han, J.-X., Wang, Z.-Y., Chen, Z.-C., Bian, C., & Raj, F. (2021). Design of Industrial and Agricultural Remote Temperature Control Box Based on STM32. *Journal of Computational Science &Engineering*, *51*, 1183–1188. http://www.asocse.org

Intan Ekaputri Supriyo, A. (2020). *PERBANDINGAN METODE PID, MPC, DAN LQR PADA SISTEM PEMANAS AIR BOTTLE WASHER BERBASIS MATLAB*.

Lv, C., Zhang, G., Feng, A., & Gong, J. (2022). Design of Measurement and Control System for PID-based Instant Hot Water Heaters. *Proceedings of the 34th Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2022*. https://doi.org/10.1109/CCDC55256.2022.10033945

Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, *150*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033

Wolfe, D. (2019). Tissue processing. *Bancroft’s Theory and Practice of Histological Techniques*, 73–83. https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-6864-5.00006-2

Xiaohui, W., & Kewei, L. (2018). The Monitoring and Wireless Transmission System of PM2.5 in the Scenic. *International Journal of Advanced Network, Monitoring and Controls*, *3*(2). https://doi.org/10.21307/ijanmc-2018-035