

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                    | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>            | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                        | <b>v</b>    |
| <b>INTISARI.....</b>                              | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                             | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                            | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                        | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                          | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                      | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                     | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                           | 1           |
| 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....            | 2           |
| 1.3 Batasan Masalah.....                          | 2           |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                       | 2           |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>                | <b>4</b>    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                        | 4           |
| 2.2 Dasar Teori .....                             | 8           |
| 2.2.1 Viskositas fluida.....                      | 8           |
| 2.2.2 Viskositas bola jatuh .....                 | 9           |
| 2.2.3 Densitas .....                              | 12          |
| 2.2.4 Efek Dinding .....                          | 13          |
| 2.2.5 Ketidakpastian Pengukuran.....              | 14          |
| 2.2.6 Ketidakpastian tipe A.....                  | 15          |
| 2.2.7 Ketidakpastian Tipe B.....                  | 15          |
| 2.2.8 Ketidakpastian baku gabungan .....          | 16          |
| 2.2.9 Ketidakpastian bentangan .....              | 17          |
| 2.2.10 Kalibrasi Alat Ukur.....                   | 17          |
| 2.2.11 Sensor Magnet ( <i>Reed Switch</i> ) ..... | 19          |
| 2.2.12 Arduino MEGA 2560.....                     | 19          |
| 2.2.13 Motor DC .....                             | 21          |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>  | <b>22</b> |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....   | 22        |
| 3.2 Alat dan Bahan .....  | 22        |
| 3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat Viskometer Bola Jatuh.....   | 28        |
| 3.3.1 Mekanisme kerja sistem .....  | 28        |
| 3.3.2 Perancangan perangkat keras .....   | 29        |
| 3.3.3 Perancangan perangkat lunak.....  | 44        |
| 3.3.4 Pemasangan sistem mekanis .....   | 47        |
| 3.4 Diagram Alir Pengujian Alat.....  | 47        |
| 3.5 Pengujian parameter rancangan alat ukur viscometer sistem bola jatuh  | 49        |
| 3.6 Membandingkan hasil pengujian rancangan alat ukur viskometer sistem<br>bola jatuh dengan viskometer standar ..... | 49        |
| 3.7 Analisis Data Sistem.....   | 50        |
| 3.7.1 Penentuan densitas fluida .....   | 50        |
| 3.7.2 Penentuan nilai koefisien viskositas.....   | 50        |
| 3.7.3 Koreksi efek dinding .....  | 51        |
| 3.7.4 Penentuan ketidakpastian .....  | 51        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>   | <b>53</b> |
| 4.1 Hasil Perancangan Alat .....  | 53        |
| 4.2 Pengujian Sensor Magnet.....  | 56        |
| 4.3 Pengukuran Massa dan Volume Fluida Uji.....   | 58        |
| 4.4 Pengujian Parameter Kecepatan .....   | 59        |
| 4.5 Kalibrasi Alat.....   | 61        |
| 4.6 Perhitungan Ketidakpastian.....   | 68        |
| 4.7 Pelaporan Hasil Pengukuran.....   | 71        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>  | <b>73</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....   | 73        |
| 5.2 Saran .....   | 74        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>75</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>76</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Gaya yang terdapat pada benda yang bergerak dalam fluida diam ..... | 10 |
| Gambar 2.2 Cara kerja sensor magnet .....                                      | 19 |
| Gambar 2.3 Arduino Mega ATmega 2560.....                                       | 19 |
| Gambar 2.4 Konstruksi motor BLDC.....  | 21 |
| Gambar 3.1 Motor DC Brushless .....  | 22 |
| Gambar 3.2 Kotak kontrol hitam .....   | 22 |
| Gambar 3.3 Sensor <i>reed switch</i> .....                                     | 23 |
| Gambar 3.4 Tabung silinder kaca .....  | 23 |
| Gambar 3.5 Keypad 3x4 dan 4x1.....   | 23 |
| Gambar 3.6 LCD 16x2.....   | 24 |
| Gambar 3.7 Lampu LED warna.....  | 24 |
| Gambar 3.8 <i>Holder</i> tabung kaca.....                                      | 25 |
| Gambar 3.9 Piknometer 25ml.....  | 25 |
| Gambar 3.10 Timbangan massa .....  | 26 |
| Gambar 3.11 Bola magnet diameter 7mm .....                                     | 26 |
| Gambar 3.12 Fluida uji Aquades.....  | 27 |
| Gambar 3.13 Fluida uji oli Mesran SAE 40 .....                                 | 27 |
| Gambar 3.14 Fluida uji Minyak goreng Bimoli .....                              | 27 |
| Gambar 3.15 Blok diagram sistem alat viskometer bola jatuh digital.....        | 28 |
| Gambar 3.16 Rangkaian sensor magnet pada arduino .....                         | 30 |
| Gambar 3.17 <i>Flowchart</i> sistem sensor magnet .....                        | 31 |
| Gambar 3.18 Kode program sensor magnet.....                                    | 32 |
| Gambar 3.19 Rangkaian keypad pada arduino .....                                | 33 |
| Gambar 3.20 Ilustrasi scanning pada keypad .....                               | 34 |
| Gambar 3.21 <i>Flowchart</i> sistem keypad .....                               | 35 |
| Gambar 3.22 Rangkaian LCD pada arduino .....                                   | 36 |
| Gambar 3.23 Kode program LCD 16x2.....   | 37 |
| Gambar 3.24 Flowchart sistem LCD.....  | 38 |
| Gambar 3.25 Rangkaian motor BLDC pada arduino .....                            | 39 |
| Gambar 3.26 Contoh sampel kode program untuk motor BLDC.....                   | 40 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Gambar 3.27 Flowchart sistem motor BLDC.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Gambar 3.28 Modul step up XL6009 .....</b>   | <b>42</b> |
| <b>Gambar 3.29 Modul charge TP4056 .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>Gambar 3.30 Rangkaian catu daya pada arduino .....</b>                                     | <b>44</b> |
| <b>Gambar 3.31 Flowchart sistem keseluruhan .....</b>   | <b>46</b> |
| <b>Gambar 3.32 Desain rancangan konstruksi alat.....</b>                                      | <b>47</b> |
| <b>Gambar 3.33 Flowchart pengujian alat .....</b>   | <b>48</b> |
| <b>Gambar 4.1 Hasil rancangan alat viskometer bola jatuh .....</b>                            | <b>53</b> |
| <b>Gambar 4.2 Posisi ketika tabung kaca dibuka.....</b>                                       | <b>54</b> |
| <b>Gambar 4.3 Bagian kiri sistem input alat dan bagian kanan sistem output alat<br/>.....</b> | <b>55</b> |
| <b>Gambar 4.4 Perangkat PLX DAQ belum terkoneksi dengan alat .....</b>                        | <b>56</b> |
| <b>Gambar 4.5 Perangkat PLX DAQ telah terkoneksi dengan alat .....</b>                        | <b>56</b> |
| <b>Gambar 4.6 Kondisi ketika sensor tidak mendapatkan input .....</b>                         | <b>57</b> |
| <b>Gambar 4.7 Kondisi ketika sensor satu mendeteksi bola magnet.....</b>                      | <b>58</b> |
| <b>Gambar 4.8 Kondisi ketika bola magnet telah tedeteksi sensor magnet 2 ....</b>             | <b>58</b> |

## DAFTAR TABEL

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>Tabel 4.1 Data pengujian massa dan volume fluida uji.....</b>   | <b>58</b> |
| <b>Tabel 4.2 Data hasil pengujian kecepatan fluida uji.....</b>  | <b>59</b> |
| <b>Tabel 4.3 Data hasil pengujian fluida uji menggunakan viskometer standar.....</b>                     | <b>61</b> |
| <b>Tabel 4.4 data hasil pengujian viskositas fluida aquades .....</b>                                    | <b>63</b> |
| <b>Tabel 4.5 Data hasil pengujian viskositas fluida minyak goreng.....</b>                               | <b>64</b> |
| <b>Tabel 4.6 Data hasil pengujian viskositas fluida oli SAE 40 .....</b>                                 | <b>65</b> |
| <b>Tabel 4.7 Data hasil perbandingan nilai pengujian alat uji dan standar fluida aquades.....</b>        | <b>66</b> |
| <b>Tabel 4.8 Data hasil perbandingan nilai pengujian alat uji dan standar fluida minyak goreng .....</b> | <b>67</b> |
| <b>Tabel 4.9 Data hasil perbandingan nilai pengujian alat uji dan standar fluida oli SAE40.....</b>      | <b>68</b> |
| <b>Tabel 4.10 Data hasil pengujian parameter.....</b>  | <b>71</b> |
| <b>Tabel 4.11 Data hasil kalibrasi alat viskometer bola jatuh .....</b>                                  | <b>71</b> |
| <b>Tabel 4.12 Pelaporan nilai hasil pengukuran viskositas fluida .....</b>                               | <b>71</b> |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Lampiran 1 Wiring diagram alat keseluruhan .....</b> | <b>76</b> |
| <b>Lampiran 2 <i>Source code</i> arduino.....</b>       | <b>77</b> |
| <b>Lampiran 3 Foto hasil rancangan alat .....</b>       | <b>87</b> |
| <b>Lampiran 4 Foto pengujian alat .....</b>             | <b>92</b> |
| <b>Lampiran 5 Data pengujian .....</b>                  | <b>95</b> |