



Perancangan Mesin Penyangrai Kopi Tipe Rotari Berbasis Mikrokontroler Arduino

Aidil Zamri¹

¹Teknik Manufaktur, Poiteknik Negeri Padang

¹zamriaidil@gmail.com

Abstract

Coffee is one of Indonesia's leading export commodities in the agricultural sector. Good coffee quality makes Indonesia one of the largest coffee exporting countries in the world. The process of making coffee involves many stages or processes, from harvesting to producing coffee grounds. One of the important stages in coffee production is the process of roasting the coffee beans. This study aims to design a rotary type coffee roaster based on Arduino Microcontroller. The working principle of this machine is to control the temperature and rotation of the roasting cylinder using the Arduino Uno as the controller for the temperature sensor and motor. The method used in this study is the design method, namely the design calculations are carried out on the supporting elements of the coffee roaster machine. From the design, the engine specifications are obtained with a cylinder size of 500 mm long, 130 mm radius, maximum rotation of 80 Rpm, 1HP electric motor and 28 mm shaft size.

Keywords: Coffee, Rotary Type, LPG Gas, Microcontroller

Abstrak

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan ekspor Indonesia dalam sektor pertanian. Kualitas kopi yang baik, menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor kopi terbesar di dunia. Proses pembuatan kopi melibatkan banyak tahapan atau proses, mulai dari panen hingga menghasilkan bubuk kopi. Salah satu tahapan penting dalam produksi kopi adalah proses penyangraian biji kopi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah mesin penyangrai kopi tipe rotari berbasis Mikrokontroler Arduino. Prinsip kerja mesin ini mengontrol suhu dan putaran silinder penyangrai menggunakan Arduino Uno sebagai pengontrol dari sensor suhu, dan motor. Metoda yang digunakan pada penelitian ini adalah metoda perancangan yaitu dilakukan perhitungan rancangan terhadap elemen pendukung mesin penyangrai kopi. Dari perancangan didapat spesifikasi mesin dengan ukuran silinder panjang 500 mm, jari-jari 130 mm, putaran maksimum 80 Rpm, motor listrik 1HP dan ukuran poros 28 mm.

Kata Kunci: Kopi, Tipe rotari, Gas LPG, Mikrokontroler,

1. Pendahuluan

Indonesia terkenal sebagai negara agraris karena mayoritas penduduknya adalah petani [1]. Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan ekspor Indonesia dalam sektor pertanian. Kualitas kopi yang baik, menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor kopi [2]. Supaya biji kopi dapat dimanfaatkan sebagai minuman atau bahan dasar makanan, biji kopi harus diproses terlebih dahulu. Proses pembuatan kopi melibatkan banyak tahapan, mulai dari panen hingga menghasilkan bubuk kopi. Salah satu tahapan penting dalam produksi kopi adalah proses penyangraian biji kopi. Setelah melalui proses penyangraian, biji kopi dapat diolah menjadi berbagai macam makanan dan minuman [3].

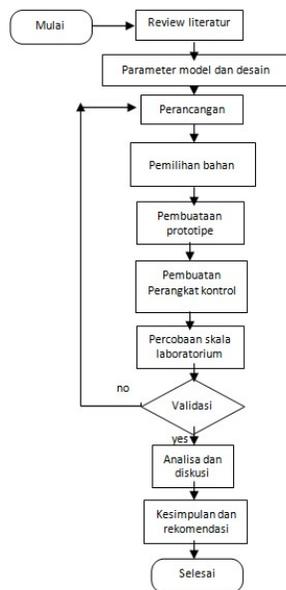
Untuk mendapatkan hasil yang optimal, proses penyangraian biji kopi perlu dilakukan dengan cermat. Penyangraian adalah proses pemanasan kopi beras pada suhu 200°-225°C yang bertujuan untuk mendapatkan kopi sangrai yang berwarna coklat kehitaman [4]. Namun, pada saat ini, petani menghadapi tantangan dalam proses penyangraian kopi yang memerlukan tenaga yang cukup besar dan masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, penting menyediakan mesin penyangrai kopi supaya dapat membantu memudahkan dalam proses penyangrai kopi. Penelitian tentang mesin penyangrai kopi sudah banyak dilakukan pada penelitian terdahulu diantaranya Fandy Sandica [5] membahas tentang mesin penyangrai kopi otomatis kapasitas rumah tangga berbasis mikrokontroler, focus utama penelitian ini adalah membahas masalah kontrol

otomatik dari mesin; Musa Bondaris Pulungan [6] melakukan rancang bangun alat penyangrai kopi dengan pengatur suhu otomatis pada penelitian ini hanya membahas perhitungan rancangan tidak dilengkapi disain mesin penyangrai kopi serta penjelasan tentang kontrol temperatur. Irawan Rusnadi [7] membahas tentang mesin penyangrai kopi dengan pre-heater dengan fokus bahasan pada kebutuhan energi dalam proses penyangraian kopi sehingga dapat putaran dan suhu yang cocok untuk membuat fungsi mesin lebih maksimal. Pada penelitian Hasnanda Maulina [8] membahas tentang uji kinerja mesin penyangrai kopi dengan menggunakan elemen pemanas hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai keseragaman warna untuk tingkat sangrai light 90,9%, medium 92,8%, dan dark 99,1%. Nilai kadar air untuk tingkat sangrai light 5,9%, medium 4,3%, dan dark 3,3%. Dari penelitian terdahulu berbeda beda fokus bahasan penekanan yang diteliti.

Adapun pada penelitian ini difokuskan pada perancangan mesin penyangrai kopi tipe rotari yang menggunakan gas LPG dan berbasis Mikrokontroler Arduino. Fokus pembahasan penelitian adalah perancangan elemen pendukung mesin penyangrai kopi untuk sistem control diulas secara umum saja.

2. Metode Penelitian

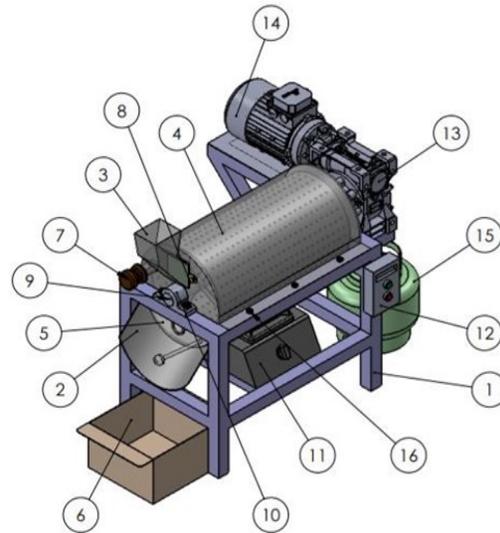
Dalam penelitian ini, digunakan metoda perancangan dimana tahapan awal dilakukan literature review terhadap parameter parameter perancangan yang akan mempengaruhi hasil rancangan. Untuk lebih jelasnya tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Mesin Penyangrai

Disain mesin penyangrai kopi disajikan pada Gambar 2.

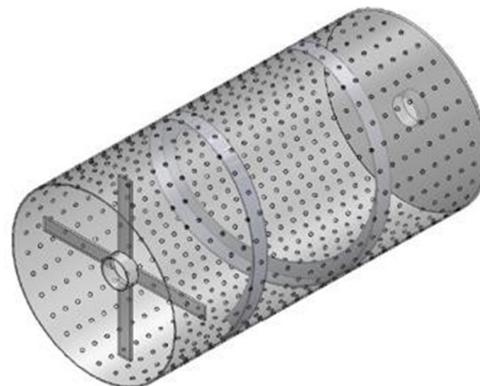


Gambar 2. Mesin Sangrai Kopi Rotari

Keterangan:

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. Rangka | 8. Penutup Hopper |
| 2. Silinder bagian Bawah | 9. Poros |
| 3. Silinder luar bagian atas | 10. Bearing |
| 4. Silinder Dalam | 11. Kompur Gas. |
| 5. Komponen Output | 12. Panel Box Arduino |
| 6. Wadah Penampung | 13. Motor Listrik |
| 7. Stik Ceker | 14. Gas LPG |
| | 15. Gas LPG |
| | 16. Baut M6 |

Bentuk detail silinder rotari dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Silinder Penyangrai

Mesin sangrai kopi ini menggunakan kontrol Arduino uno, yang berfungsi untuk mengatur suhu selama proses penyangraian dan sebagai mengontrol arah putaran silinder pada mesin penyangrai [9,10]. Beberapa komponen control mesin penyangrai yang terdiri dari sensor *thermocouple*, tombol on dan off, Motor listrik AC, LCD, Driver motor AC, dan Adaptor. Yang dikontrol oleh Arduino uno adalah suhu yang menggunakan komponen sensor *thermocouple* dan Driver motor AC sebagai pengontrol arah putaran silinder penyangrai. Adapun sistem kerja dari mesin sangrai ini yaitu motor listrik dihidupkan menggunakan tombol on sehingga tabung silinder berputar. Mesin sangrai ini bekerja ketika suhu terbaca 200°C pada sensor *thermocouple* lalu biji kopi dimasukkan ke dalam silinder penyangrai [11].

Setelah biji kopi dimasukkan terjadi penurunan temperatur pada silinder penyangrai hingga suhu 90-100°C kemudian suhu naik kembali menjadi 180-190°C yang berlangsung selama 2-3 menit pada fase ini terjadi proses *yellowing* terhadap biji kopi dan suhu naik menjadi 186-190°C yang menyebabkan *firstcrack* pada biji kopi berlangsung selama 2-3 menit dan kopi memasuki tahap second crack terjadi selama 2-3 menit.

Untuk melihat kematangan biji kopi selama proses penyangraian digunakan alat *stick cheker* untuk mengambil sampel dari biji kopi bertujuan untuk melihat perubahan warna serta aroma pada biji kopi. Setelah dilakukan penyangraian maka akan diperoleh kopi matang yang dicirikan dengan adanya aroma khas kopi. Selain aroma, biji kopi yang matang dapat dilihat dari warna dan kemudahan biji kopi bisa dipatahkan dengan tangan tanpa alat. Hal ini diketahui dari hasil observasi serta wawancara penulis dengan percoasting kopi disalah satu kafe kota padang.

Biji kopi yang sudah siap disangrai dikeluarkan dari silinder penyangrai lalu biji kopi dipindahkan ke wadah penampung untuk didinginkan dan proses sangraipun selesai.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perancangan

Perancangan mesin penyangrai kopi meliputi analisis teknik untuk memperoleh dimensi minimum dari komponen-komponen kritis, serta penentuan material yang sesuai. Selain itu, dilakukan analisis untuk memperoleh kebutuhan daya motor sebagai sumber penggerak dari mesin penyangrai kopi. Adapun tahapan analisis matematis diperlukan data rencana yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi data kopi

Spesifikasi	Ukuran
Panjang rata-rata biji kopi sebelum disangrai	10mm
Tebal rata-rata biji kopi sebelum disangrai	4mm
Lebar rata-rata biji kopi sebelum disangrai	7mm
3kg biji kopi sama dengan	18.293 butir
1 biji kopi berat nya	0,164 gram
Banyak kopi yang disangrai	3 kg
Waktu penyangraian	20 menit
Tinggi silinder	m

a. Perhitungan Kapasitas

Kapasitas penyangrai adalah kemampuan mesin untuk menyangrai biji kopi dalam satuan berat (kg) persatuan waktu (menit) [11].

$$KP = \frac{BM}{t} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

KP = =Kapasitas penyangraian (kg/menit)
 BM = = Berat bahan masuk (kg)
 t = = Waktu penyangraian (menit)

$$Kp = = 3 \text{ Kg}/20 \text{ menit} \\ = 0,15 \text{ kg/menit}$$

b. Densitas Kamba

Merupakan pebandingan bobot bahan dengan volume yang ditempatinya, termasuk ruang kosong diantara biji kopi [12]. Berdasarkan pengujian yang terdahulu dilakukan oleh Sukrisno dalam mencari densitas kamba dari biji kopi adalah ρ 780-890 kg/m³. Pada perancangan mesin penyangrai kopi ini menggunakan densitas kambanya 800 kg/m³.

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2)$$

ρ = Densitas kamba (kg/m³)
 m = Berat bahan (kg)
 V = Volume Bahan (m³)

$$V = \frac{m}{\rho} \dots\dots\dots (3)$$

$$V = \frac{3Kg}{800Kg/m^3} \\ V = \\ V = \pi \times r^2 \times t$$

c. Silinder Penyangrai

Dari literatur [10] diketahui densitas Kopi sangat bervariasi dari 490 – 940 kg/m³ tergantung dari jenis biji kopi dan tingkat kebasahan. Dalam perencanaan ini diambil density $\rho = 720$ kg/m³. Maka dari data tersebut dapat dihitung volume tabung silinder penyangrai menggunakan persamaan 4 [14, 15] berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

$$\rho = \text{Densitas Kopi (kg/m}^3\text{)}$$

$$m = \text{Berat bahan (kg)}$$

$$V = \text{Volume Bahan (m}^3\text{)}$$

Diketahui:

$$\rho = 720 \text{ kg/m}^3$$

$$= 3 \text{ kg}$$

Maka:

$$V = 3 \text{ kg} / 720 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,00417 \text{ m}^3$$

Untuk menentukan ukuran silinder yang akan direncanakan, maka menggunakan perbandingan volume (1:5). Yang mendasari penulis menetapkan perbandingan 1:5 karena pada saat proses penyangraian kopi akan mengembang tentu membutuhkan ruang agar kopi tersangrai dengan baik dan volume silinder yang diinginkan dapat dihitung menggunakan persamaan 5:

$$V_{\text{silinder}} = V_{\text{minimal}} \times 5 \dots \dots \dots (7)$$

Diketahui: $V_{\text{minimal}} = 0,00417 \text{ m}^3$

Maka:

$$V_{\text{silinder}} = 0,00417 \text{ m}^3 \times 5$$

$$= 0,02085 \text{ m}^3$$

Berdasarkan data yang didapatkan, Volume silinder penyangrai yaitu, 0,02085 m³. Maka dapat ditentukan jari-jari silinder penyangrai menggunakan rumus berikut:

d. Jari-jari silinder

Perhitungan ukuran jari-jari silinder sebagai berikut

$$V = \pi \times r^2 \times t \dots \dots \dots (8)$$

$$0,02085 \text{ m}^3 = 4,14 \times r^2 \times 0,5$$

$$r^2 = \frac{0,02085}{1,57}$$

$$r = 0,115 \text{ m} \approx 11,5 \text{ cm}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan jari-jari minimal silinder 11,5 cm maka jari-jari yang penulis rencanakan adalah 13 cm.

e. Poros

Poros pada mesin penyangrai ini memiliki peran yang penting saat proses penyangraian. Agar mesin bekerja dengan optimal maka dimensi poros yang digunakan harus dihitung. Berikut perhitungan terhadap poros: daya motor yang digunakan 1 Hp=0,745 Kw, putaran Poros = 80 Rpm, Faktor koreksi yang digunakan = 1,5 Dengan daya rencana (Pd) [16]

Pd = Daya yang dibutuhkan \times faktor koreksi

$$Pd = 0,745 \text{ Kw} \times 1,5$$

$$Pd = 1,1185 \text{ Kw}$$

Kemudian dilakukan perhitungan momen puntir rencana (T) menggunakan persamaan 6 [14,15]

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n} \dots \dots \dots (6)$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{1,1185}{75}$$

$$T = 14.526,237 \text{ Kg. mm}$$

Material poros direncanakan St 37, kekuatan Tarik St 37 adalah 37kg/mm², maka Sf₁=5 dan Sf₂=1 [15]. Tegangan geser yang diizinkan dengan diambil Sf₁ = faktor keamanan pengaruh bahan = 5, Sf₂ = faktor akibat konsentrasi tegangan, pengaruh kekerasan = 1 dihitung menggunakan persamaan 7

$$\sigma_a = \frac{\tau_b}{Sf_1 \times Sf_2} \dots \dots \dots (7)$$

$$\sigma_a = \frac{37 \text{ kg/mm}^2}{5 \times 1}$$

$$= 7,4 \text{ kg/mm}^2$$

Untuk menentukan diameter poros perlu ditinjau dan faktor koreksi momen puntir yang dianjurkan oleh ASME [14], faktor ini (Kt) dipilih sebesar:

1. Dipilih sebesar 1,0 jika beban dikenakan halus.
2. Dipilih sebesar 1,0–1,5 jika sedikit terjadi kejutan maupun tumbukan.
3. Dipilih sebesar 1,5–3,0 jika beban berupa kejutan atau tumbukan yang besar.

Meskipun dalam perkiraan beban yang terjadi hanya beban puntir akan tetapi beban lentur dipertimbangkan dengan pemakaian faktor Cb yang harganya 1,2–2,3. Maka faktor koreksi momen puntir (Kt) yang digunakan 1,5 dan faktor koreksi momen lentur (Cb) yang digunakan 1,2. Diketahui untuk nilai Kt (koreksi momen puntir) adalah 1,5; Cb (koreksi momen lentur) adalah 1,2 dan τ_g (tegangan geser yang diizinkan) adalah 7,4 kg/mm² dengan T (momen rencana) adalah 14.526,36 kg.mm

Maka diameter poros yang direncanakan dapat dihitung menggunakan persamaan 8 sebagai berikut:

$$ds = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \times Kt \times CbvT \right]^{1/3} \dots\dots\dots (8)$$

$$ds = \left[\frac{5,1}{7,4 \text{ kg/mm}^2} \times 1,5 \times 1,2 \times 14.526,236 \right]^{1/3}$$

$$ds = [0,6891 \times 1,5 \times 1,2 \times 14.526,236]^{1/3}$$

$$ds = [18,018,05]^{1/3}$$

$$= 26,21 \text{ mm} = 27 \text{ mm}.$$

Jadi berdasarkan perhitungan dapat dipilih diameter poros yang direncanakan adalah 28 mm berdasarkan standar poros yang ada dipasaran. Sebaiknya poros yang dipilih nilainya lebih besar dari diameter poros yang direncanakan supaya aman dalam pemakaian.

4.2 Sistem Kontrol

Sistem control pada mesin penyangrai kopi menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, yang terdiri dari perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*) yang mendukung fungsionalitasnya. Bahasa pemrograman digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak, sementara perangkat kerasnya meliputi Arduino, sensor suhu, dan motor sebagai komponen penting.

Arduino berfungsi untuk mengatur proses kerja sensor dalam mengontrol suhu selama proses penyangraian kopi. Sensor suhu digunakan untuk mengontrol suhu kopi agar sesuai dengan nilai yang telah ditentukan sebelumnya, sementara motor digunakan untuk pengadukan sehingga kopi dapat matang secara merata. Tingkat kematangan pada saat proses Roasting dapat menciptakan rasa dan aroma yang berbeda [13]. Dengan menggunakan mikrokontroler Arduino dalam sistem penyangrai kopi ini, proses penyangraian dapat terkontrol dengan baik.

4. Kesimpulan

Dari rangkaian perhitungan dan perancangan mesin sangrai kopi di atas, dapat diambil beberapa kesimpulan penting:

1. Mesin penyangrai ini menggunakan sistem Arduino sebagai pengontrol suhu dengan memanfaatkan sensor thermocouple. Selain itu, silinder penyangrai didukung oleh motor listrik berkekuatan 1 Hp, yang memungkinkan pergerakan yang efisien dan presisi.
2. Perancangan mesin ini menghasilkan ukuran silinder sangrai kopi yang memiliki panjang 500 mm dan jari-jari 130 mm. Rangka mesin menggunakan konstruksi besi hollow berukuran 40 × 40 mm, memberikan kekuatan dan stabilitas yang diperlukan selama proses penyangraian.
3. Mesin ini memiliki batasan putaran maksimal silinder penyangrai sebesar 80 Rpm, dengan

kapasitas maksimal untuk sangrai sebanyak 3 kg. Hal ini memastikan bahwa mesin dapat mengolah kopi dalam jumlah yang memadai dalam setiap siklus penyangraian.

Daftar Pustaka

- [1]. Smith, J. (2018). Agricultural Landscape and Rural Livelihoods in Indonesia. *Journal of Agricultural and Environmental Studies*, 4(2), 45-60.
- [2]. Farida, A. (2019). Indonesian Coffee Industry: Challenges and Opportunities. *International Journal of Agricultural Economics*, 5(2), 112-126.
- [3]. Angelia, I. O. (2018). Uji karakteristik kopi non kafein dari biji pepaya dengan variasi lama penyinaran. *Journal Of Agritech Science (JASc)*, 2(1), 16-16.
- [4]. Imam Sofi'i . 2014. Rancangbangun Mesin Penyangrai Kopi dengan Pengaduk Berputar . *TekTan Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian* volume 6 no. 1 April 2014 hal 1-70.
- [5]. Fandy Sandica F dkk. 2015. Penyangrai Biji Kopi Otomatis Untuk Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Metode Pid Auto Tuning. *Sarjana thesis, Universitas Brawijaya*.
- [6]. Irawan Rusnadi dkk. 2018. Prototif Alat Penyangrai Kopi Tipe Rotari Dilengkapi Pre-Heater. *Politeknik Negeri Sriwijaya, Jurnal Kinetika* Vol. 9, No. 01 (Mar 2018): 20-25
- [7]. Hasnanda Maulina, Muhammad Idkham, Syafriandi Syafriandi. 2022. Uji Kinerja Mesin Penyangrai Kopi dengan menggunakan Sumber Elemen Pemanas Listrik (Heater) dan Tenaga Penggerak Motor Listrik. *Volume 7 no. 1. JIM Pertanian. E-ISSN: 2614-6053 | 2615-28*
- [8]. Musa Bondaris Pulungan dkk. 2017. Rancang Bangun Alat Sangrai Biji Kopi Dengan Kontrol Temperatur Otomatis Untuk Peningkatan Kuantitas Dan Kualitas Produksi Kopi Bubuk. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2017 pp.192-196*.
- [9]. Hardiyansyah, M. V., Kabib, M., & Hudaya, A. Z. (2021). Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Pada Mesin Oven Kopi Tray Rotary Berbasis Arduino. *Jurnal Crankshaft*, 4(1), 67-76.
- [10]. Hakim, R. R. A. (2022). Pembuatan Mesin Penyangrai Kopi Tipe Rotari Kapasitas 1 Kg (Tugas Sarjana, Politeknik Negeri Jember).
- [11]. Barmawi, B., Azhar, A., & Kamal, M. (2023). Rancang bangun penggunaan sensor thermocouple pada alat penyangrai biji coklat secara otomatis berbasis arduino uno. *Jurnal tektro*, 7(1), 1-5.
- [12]. Widyotomo, Sukrisno, S. Mulanto, H. K. Purwadaria, A. M. Syarief, 2009, Karakteristik Proses Dekafeinasi Kopi Robusta dan Reaktor Kolom Tunggal Dengan pelarut Etil Asetat, tersedia online <http://www.isjd.lipi.go.id>, diakses pada tanggal 22 Juni 2022.
- [13]. Permana and I. Setiono, Sistem Pengendalian Suhu dan Pemantauan Kelembaban Biji Kopi pada Mesin Penyangrai Berbasis Arduino 2560, *Gema Teknol.*, vol. 19, no. 2, pp. 19– 23.
- [14]. Sularso dan Suga, Kiyokatsu. (1991). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita
- [15]. Khurmi, R.S., Gupta, J.K. (1982), *A Text Book Of Machine Desing*, New Delhi : Eurasia Publishing House
- [16]. Ir.Sailon, (2009), *Modul Elemen Mesin 1 & 2*, Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya