**Engineering**
**Vol. 13 No. 1 2022**

**ISSN : 2587-3859 (Print)**
**ISSN : 2549-8614 (Online)**

# Perangkat Pengukuran Eksperimental Suhu Pengeboran Tulang Menggunakan Arduino Uno

**Ray Mathuusa [1], Yanuar Burhanuddin [2], Suryadiwansah Harun[3],**
[1,2,3)]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
email: raymathussa@gmail.com.

**Abstrak**

Pemasang pen memerlukan proses pengeboran tulang untuk pemasangan logam plat dan baut sebagai proses fiksasi internal dan eksternal. Proses pengeboran tersebut akan menibulkan gaya gesek antara mata pahat dengan permukaan tulang. Proses pergesekan akan menghasilkan panas yang disebabkan oleh kualitas tulang dan parameter-parameter yang terlibat dalam proses operasi. Tulang juga merupakan konduktor panas yang buruk sehingga menimbulkan panas pada permukaan tulang yang terjadi selama proses pengeboran tulang berlangsung. suhu panas yang bisa melewati suhu nekrosis (47$^{o}$C) selama proses pengeboran tulang. Dalam penelitian ini suhu tulang diukur dengan sistem pengukuran suhu tulang yang mengunakan termokopel dan Arduino uno Atmega 328. Dimana Suhu yang terjadi pengeboran tulang akibat deformasi plastik diukur dengan termokopel temperature antara kedua ujungnya akan timbul *electromotive force* yangditeruskan ke modul MAX 6675 yang mana peran dari modul MAX 6675 adalah sebagai kompensasi *cold junction.* Untuk menampilkan nilai dari pengukuran suhu yang diukur secara *real time* maka digunakan *interface* PLX-DAQ sebagai perangkat lunak tambahan untuk mengkonversi data yang didapat ke dalaam format excel dan dapat disimpan di Komputer, pada kecepatan 380 pada diameter 3mm, 4mm, dan 6mm tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan pengeboran tulang dengan kecepatan 1600 rpm dan 2800 rpm pada diameter 3mm, 4mm, dan 6mm.

**Keywords**: suhu, pengeboran, pengukuran

## Pendahuluan

Penyebab dari patah tulang yang paling banyak terjadi dikarenakan kecelakan lalu lintas. Di Indonesia sendiri tercatat merupakan urutan nomor tiga negara yang memiliki tingkat kecelakaan lalu lintas (Karnavian, 2015). Menurut WHO, kecelakan akibat mengabaikan aturan lalu lintas telah banyak menelan korban jiwa yaitu sekitar 2,4 juta jiwa manusia setiap tahunnya insiden kecelakaan yang memiliki jumlah korban luka cukup tinggi yaitu insiden fraktur, dimana sekitar 40% dari insiden kecelakaan yang terjadi. Fraktur merupakan suatu keadaan dimana hubungan kesatuan jaringan tulang terputus. Penyebab terbanyaknya adalah insiden kecelakaan lalu lintas (Depkes RI, 2011).

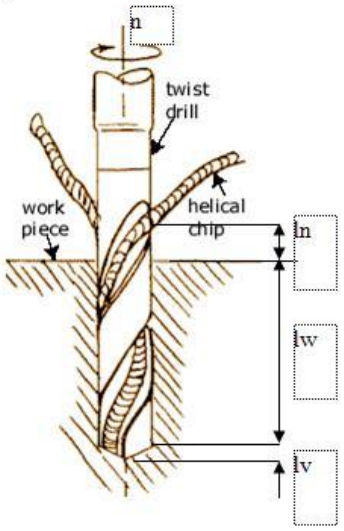
Untuk mengatasi hal ini dibutuhkan tindakan bedah ortopedi yang bertujuan untuk mengatasi penyakit yang timbul pada sistem gerak manusia. salah satu tindakan bedah ortopedi yang dilakukan untuk memperbaiki tulang yang patah atau retak adalah pemasangan pen. Pemasangan pen ini dilakukan dengan cara menyambung dan menjaga posisi tulang yang patah dengan bantuan pen yang terdiri dari pelat logam dan baut khusus. Melalui pemasangan pen, tulang yang patah akan dikembalikan ke posisi semula dan ditahan dengan bantuan pen tersebut selama masa penyembuhan.

Pemasang pen memerlukan proses pengeboran tulang untuk pemasangan logam plat dan baut

sebagai proses fiksasi internal dan eksternal. Proses pengeboran tersebut akan menibulkan gaya gesek antara mata pahat dengan permukaan tulang. Proses pergesekan akan menghasilkan panas yang disebabkan oleh kualitas tulang dan parameter-parameter yang terlibat dalam proses operasi, suhu yang berlebihan pada tulang akan menyebabkan *Thermal necrosis* di sekitar lubang pengeboran sehingga menyebakan skrup yang di pasang lemah dan tidak stabil (Chen dkk, 2018). Juga kenaikan suhu yang melampaui batas di atas 47$^{o}$C mengakibatkan sel-sel tulang mati akibat kehilangan suplai darah atau yang disebut juga dengan osteoneskrosis dan kehilangan vitalitas pada periosterum tulang (Eriksson, 1984) menginvestigasi suhu pengeboran tulang, tulang femur kortikal sapi dipilih sebagai material uji karena sifat dan karakteristiknya sama dengan tulang manusia, (Noorazizi dkk, 2015).

## TINJAUAN PUSTAKA

Proses gurdi merupakan proses permesinan yang bertujuan untuk melubangi benda kerja. Proses gurdi dilakukan dengan memutar pahat berbentuk silindris yang memiliki ujung pemotong atau mata bor sehingga beram akan keluar memlalui alur *helix* yang ada pada mata bor . Pengerjaan dilakukan dengan cara memutar pahat atau mata bor pada poros *spindle* dari mesin yang berputar, lalu menekan pahat yang berputar pada benda kerja, sehinggga pada benda kerja akan dihasilkan lubang yang berukutan sama dengan diameter mata bor.




Gambar 1 proses permesinan Gurdi

Karakteristik proses pemesinan *drill* sedikit berbeda dengan proses pemesinan lainnya, yaitu (Rahdiyanta, 2008)

1. beram diharuskan keluar melalui alur *helix* yang ada pada pahat drill.
2. beram yang keluar bisa menyebabkan sebuah kendala apabila ukurannya besar dan berkelanjutan.
3. Proses pemesinan *drill* sulit dilakukan ketika pembuatan lubang dalam.
4. Proses pendingin pada pemesinan *drill* untuk lubang yang dalam dilakukan dengan mengalirkan cairan pendingin melalui lubang ditengah pahat *drill*.

Arduino uno merupakan sebuah perangkat keras yang dapat digunakan untuk mengeksekusi data yang sudah di programkan melalui komputer. Arduino uno sendiri merupakan *board* yang menggunakan mikrontroler ATmega 328 dimana didalam ATmega 328 terdapat peta memori yang memiliki ukuran 32KB dengan 0,5 KB digunakan sebagai Loading file dan juga memiliki 2KB SRAM (*Static Random Access Memory*) yang berfungsi untuk menyimpan vaiabel-variabel data

**ISSN : 2587-3859 (Print)**
**ISSN : 2549-8614 (Online)**

sementara dan 1KB dari EEPROM (*Electrically Eraseable Programmable Read Only Memory)* yang berguna untuk menyimpan variable data yang dibuat dalam jangka waktu yang lama.

Gambar 2 Arduino Uno Atmega 328

Tulang Sapi merupakan salah satu tulang hewan yang paling mirip dengan ciri-ciri jaringan tulang manusia, dan telah

terbukti dapat digunakan sebagai pengganti tulang manusia (Fernandes, 2017)

Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Sifat Tulang manusia dan tulang sapi

| | **Tipe Tulang** | |
|---|---|---|
| **Properti Tulang** | Sapi | Manusia |
| Kekuatan Tekanan (MPa) | 140-250 | 130-200 |
| Kekuatan Tekan (MPa) | 45-150 | 40-145 |
| Modulus Young (Gpa) | 10-22 | 10-17 |
| Modulus Geser (MPa) | 3 | 3 |
| Densitas (kg/m$^3$) | 1950-2100 | 1800-2000 |
| Rasio Posisi | 0.33 | 0.4 |
| Specific Panas (J/kg K) | 1300 | 1330 |
| Konduktifitas Termal (W/m K) | 0.1-0.3 | 0.1-0.43 |

(sumber: Tahmasbi dkk. 2019)

Termokopel / *thermocouple* merupakan sensor suhu yang dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup luas dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1º C. Termokopel terdiri dari 2 jenis kawat logam konduktor yang digabung pada ujungnya sebagai ujung pengukuran. Konduktor ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu dan dari perbedaan suhu antara ujung termokopel/ujung pengukuran dengan ujung kedua kawat logam konduktor yang terpisah akan menghasilkan tegangan listrik. Hal ini disebut sebagai efek termoelektr

MAX6675 dibentuk dari kompensasi *cold-junction* yang outputnya didigitalisasi dari sinyal termokopel tipe-K. data *output* memiliki resolusi 12-bit dan mendukung komunikasi SPI mikrokontroller secara umum. Data dapat dibaca dengan mengkonversi hasil pembacaan 12-bit dengan fitur sebagai berikut (Indo-were, 2014).

1. Konversi digital langsung dari output termokopel tipe-K.
2. Kompensasi *cold-junction*.
3. Komunikasi kompatibel dengan *protocol SPI*
4. *Open thermocouple detection.*

Penelitian ini difokuskan pada pengukuran suhu dari pengeboran tulang menggunakan perangkat Arduino Uno ATmega 328 sebagai perangkat pengukuran dengan menggunakan metode acak lengkap Adapun tujuan dari penelitian adalah

1. Mendapatkan hasil pengukuran suhu tulang yang tepat menggunakan perangkat pengukur yang telah dirangkai

2. Melakukan penelitian untuk mengetahui parameter pada proses pengeboran tulang sapi.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, langkah awal yang harus dilakukan adalah mengumpulkan materi yang berhubungan dengan pembahasan yang diambil pada tugas akhir ini yang dapat diperoleh dari sumber primer maupun sumber sekunder, yaitu buku, jurnal, atau *website.*Pada tahapan awal, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah survei lapangan yang berhubungan pada penelitian dan mengumpulkan data-data pengujian lain yang sudah ada untuk dapat membandingkan pada hasil ujian yang akan dianalisa.

### Alat dan bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Pahat Drill HSS (*High Speed Steel*)
2. Laptop
3. PLX-DAQ
4. Bor tangan
5. Kabel *jumper*
6. Modul MAX 6675
7. Arduino uno

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tulang sapi

Pembuatan perangkat keras meliputi semua proses yang mengacu pada pembuatan perangkat keras yang terdiri dari pembuatan rangkaian elektronika. Pembuatan perangkat elektronika meliputi pembuatan rangkaian keseluruhan sistem, rangkaian sensor termokopel, rangkaian modul dan pemasangan komponen yang terhubung pada Arduino Uno serta kalibrasi termokopelnya.

Gambar 3. Hasil perangkat yang sudah didrangkaikan menjadi satu

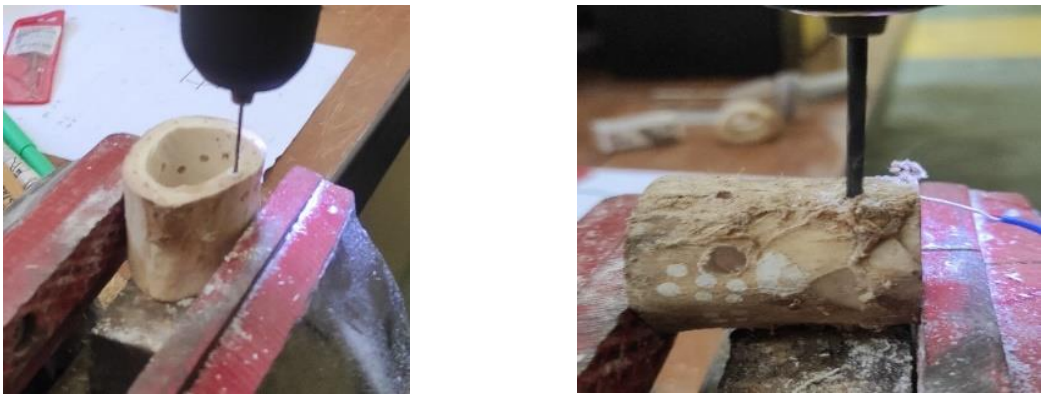
Pembuatan perangkat lunak berkaitan dengan perangkat lunak bagi sistem. Termasuk pembuatan *listing* program yang akan digunakan menggunakan software Arduino dengan bahasa pemrograman C untuk target Arduino Uno. Bahasa C merupakan perangkat lunak yang menjadi bagian dari sistem yang mengatur kerja dari mikrokontroler Arduino Uno dan keseluruhan perangkat keras yang dihubungkan dengan Arduino Uno. Langkah-langkah pembuatan perangkat lunak tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Membuat bagan sistem kontrol (*flowchart*) dari program yang akan dibuat.
2. Membuat program menggunakan pemrograman C dengan referensi diagram blok dari sistem kontrol yang akan dibuat.

**ISSN : 2587-3859 (Print)**
**ISSN : 2549-8614 (Online)**

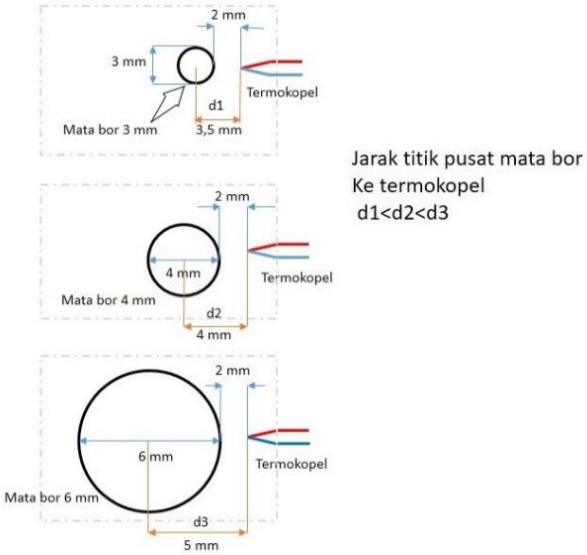
3. Mengkompilasi program yang dibuat untuk memastikan apakah program berjalan dengan benar.
4. Pengisian program (*input* program ) ke dalam Arduino agar alat ukur dapat mengeksekusi data yang terbaca.

Persiapan bahan uji ini tulang sapi akan dipotong menjadi beberapa bagian dengan panjang potongan ± 30 mm. tulang sapi tesebut akan dilubangi pada bagian sisi alas mendekati titik pengeboran hal ini dilakukan agar sensor dapat dimasukkan kedalam tulang yang akan di ukur kenaikan suhunya, jarak pemasangan sensor termokopel dan titik pengeboran adalah 2mm.



Gambar 4. Proses pengeboran Tulang dan pemasangan termokopel

Sensor termokopel akan dimasukkan ke dalam tulang melalui lubang yang telah di bor pada sisi alas tulangnya dimana jarak antara termokopel dengan sisi mata bor adalah 2 mm sehingga jarak titik pusat mata bor dan ujung termokopel semakin jauh. Hal ini dilakukan agar ujung termokopel tidak terpotong saat proses pengeboran

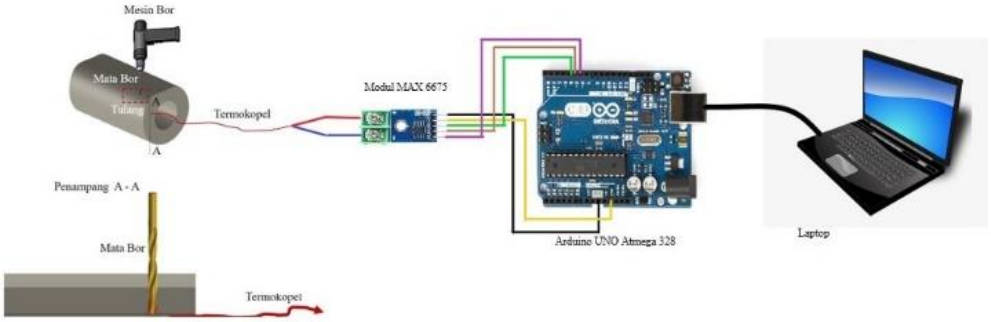



Gambar.5 Sketsa Eksperimen Pengeboran Tulang Sapi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

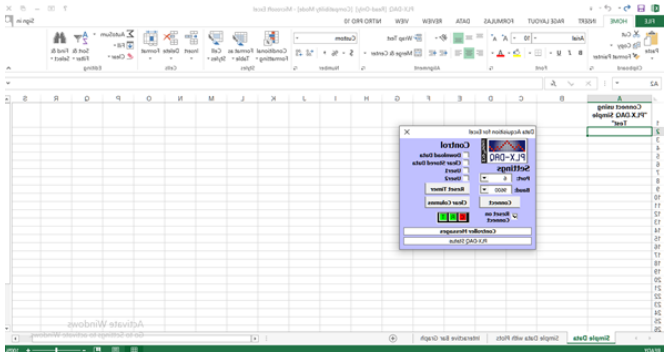
Dalam penelitian ini suhu tulang diukur dengan sistem pengukuran suhu tulang yang mengunakan termokopel dan Arduino uno Atmega 328. Skematik dari sistem pengukuran ini dapat dilihat pada gambar 6.

**ISSN : 2587-3859 (Print)**
**ISSN : 2549-8614 (Online)**




Gambar 6. Skematik Pengeboran Tulang

Terdapat 5 pin pada modul MAX 6675 yaitu VCC dan GND berfungsi sebagai pin power , pin CSK berfungsi sebagai *clock data*, CS berfungsi untuk mendownload data yang terbaca pada termokopel tipe k, dan pin SO berfungsi sebagai jalur komunikasi data GND, VCC, CS, CKS, dan SO dihubungkan pada papan Arduino maka perlu dibuatkan program perintah dapat dilihat pada gambar 6. agar setiap pin yang terhubung pada papan arduino menampilkan nilai dari pengukuran suhu yang diukur secara *real time* maka digunakan *interface* PLX-DAQ sebagai perangkat lunak tambahan untuk mengkonversi data yang didapat ke dalaam format excel dan dapat disimpan di Komputer



Gambar 7. *interface* PLX-DAQ.

Data Hasil Pengukuran Suhu Pengeboran Tulang Sapi sebelum kalibrasi

| No. | N (rpm) | D (mm) | termokopel ( ° C ) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 |
| **1** | 380 | 3 | 36 | 41 |
| **2** | 380 | 4 | 41 | 42 |
| **3** | 380 | 6 | 47 | 49 |
| **4** | 1600 | 3 | 37 | 41 |
| **5** | 1600 | 4 | 42 | 42 |
| **6** | 1600 | 6 | 60 | 69 |
| **7** | 2800 | 3 | 41 | 50 |
| **8** | 2800 | 4 | 47 | 42 |
| **9** | 2800 | 6 | 98 | 93 |

Suhu minimum tulang yang diukur dengan termokopel adalah sebesar 36° C dengan diameter 3 mm, kecepatan putaran 380 rpm, dan hasil suhu maksimum yang diukur dengan termokopel adalah 98° C, dengan parameter pengeboran adalah diameter 6 mm dengan kecepatan putaran 2800 rpm. Terdapat perbedaan kenaikan suhu tulang pada pengujian.

Untuk memastikan perangkat pengukuran suhu pengeboran melakukan pengukuran yang setara dengan termokopel yang biasa digunakan, maka perlu dikalibrasikan.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Suhu Pengeboran Tulang Sapi sesudah kalibrasi

| **No.** | **N (rpm)** | **D (mm)** | **Suhu ( ° C )** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 |
| **1** | 380 | 3 | 35.77 | 40.66 |
| **2** | 380 | 4 | 40.67 | 41.64 |
| **3** | 380 | 6 | 46.56 | 48.51 |
| **4** | 1600 | 3 | 36.75 | 40.66 |
| **5** | 1600 | 4 | 41.65 | 41.64 |
| **6** | 1600 | 6 | 59.31 | 68.12 |
| **7** | 2800 | 3 | 40.67 | 49.49 |
| **8** | 2800 | 4 | 46.56 | 41.64 |
| **9** | 2800 | 6 | 96.58 | 91.65 |

## Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil eksperimen suhu pengeboran tulang sapi adalah sebagai berikut:

1. Suhu yang sesuai untuk pengeboran tulang mata bor diameter 3mm karena pada setiap kenaikan kecepatan 380 rpm, 1600 rpm dan 2800 rpm kenaikan suhu yang terjadi tidak terlalu signifikan untuk mencapai suhu nekrosis tulang

2. Parameter pengeboran yang paling mempengaruhi untuk hasil pengukuran suhu pengeboran tulang adalah diameter dari mata bor yang digunakan.

## Daftar Pustaka

Chen,Y.C., Tu, Y.K., Tsai, Y.J., Tsai, Y.S., Yen, C.Y., Yang, S.C., Hsiao, C.K. 2018. *Assessment Of thermal necrosis risk regions for different bone qualities as a function of drilling parameters. Comput, Methods Program Biomed.*Vol 162 pp 253-263

Depkes R.I. 2011. Tentang Fraktur Ekstremitas Bawah di Indonesia Jakarta: Badan Penelitian dan pengembangan kesehatan departemen kesehatan republik Indonesia

Enokida, M., Kanaga, H., Uehara, K., Ueki, M., Nagasima, H. 2019. *An experimental comparative study of drilling vffeciency and temperature elevation with unmodified and modified medical drill in pig tibia bone.* Jurnal *Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine Tottori Univercity 36-1 Mishi-cho Yonago Tottori 683-8504 Japan.*

Eriksson, R.A. 1984. *The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber.* Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.

Noorazizi, M.S., Izamshas, R., Kasim., Hadzley, M., Noorazlan, C.H., Haron, C. 2015. *Study On the Efeects of Drilling Parameter for Ortopedic Surgical Bone Drilling Process*. Tesis, *Faculty of*

*Manufacturing Engineering Univercity Teknikal Malaysia Melaka Hang Tuah.*

Karnavian, T. 2015. Polri : Angka Kecelakaan Lalu –Lintas di Indonesia Termasuk Tertinggi di ASEAN. Warta Kota Tribun *News. com.*

Tahmasbi, V., Ghoreishi, M., Jahangirpoor, T. 2019. *Modeling Optimisation of Temperatur and Force Behaviour in High Speed Bone Drilling*. *Journal Biotechnology & Biotechnological Equipment. Vol* 33. Pp 1616-1625

Xu, L., Yang, Y., Wang, C., Qin, Z., Song, Y., Chen, H. 2010."*Drilling force and temperature of bone by surgical drill," Advanced Materials Research* Vols. 126-128, 2010, pp 779-784.