

**PENGEMBANGAN *SMART EMBEDDED COOLANT SYSTEM*
BERBASIS *MINIMUM QUANTITY LUBRICATION* (MQL)**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Rafialdi Muhammad Renaldi

219411020



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR

POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Pengembangan *Smart Embedded Coolant System* berbasis
*Minimum Quantity Lubrication (MQL)***

Oleh:

Rafialdi Muhammad Renaldi

219411020

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 29 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Yogi Muldani H, MT., Ph.D.,IPM.

NIP: 198611222009121004

Nur Jamiludin Ramadhan, ST., MT.

NIP: 199402272020121005

Disahkan,

Ketua Penguji,

Anggota Penguji I,

Anggota Penguji II,



Dede Buchori M, Masch.Ing.
HTL., MT.

NIP: 196405241994031000

Dr. Herman Budi H, ST.,
MT.,IPM

NIP: 197902022008101001

Gamawan Ananto S, SST., MM

NIP: 196001101985031005

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafialdi Muhammad Renaldi
NIM : 219411020
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan *Smart Embedded Coolant System* berbasis *Minimum Quantity Lubrication* (MQL)

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 29 – 08 - 2023
Yang Menyatakan,

Rafialdi Muhammad Renaldi
NIM : 219411020

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafialdi Muhammad Renaldi
NIM : 219411020
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Smart Embedded Coolant System berbasis Minimum Quantity Lubrication (MQL)

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 29 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

Rafialdi Muhammad Renaldi
NIM : 219411020

MOTO PRIBADI

Satu-satunya kepastian adalah ketidakpastian, keselamatan tanggung jawab pribadi.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa atas petunjuk dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Pengembangan *Smart Embedded Coolant System* berbasis *Minimum Quantity Lubrication* (MQL)”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Regi Renaldi, serta Adik-adik yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, ST., M.A.B.
3. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Jata Budiman, SST., MT.
4. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Haris Setiawan, SST., MT.
5. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Yogi Muldani H., SST., M.T., Ph.D. , Bapak Nur Jamiludin Ramadhan, ST., MT.
6. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Dede Buchori Muslim, Masch.Ing.HTL., MT, Bapak Dr. Herman Budi Harja, ST., MT. , Bapak Gamawan Ananto Soebekti, SST., MM.
7. Rekan-rekan kelas 4 MED'19 selaku teman seperjuangan yang bersedia selalu memberikan motivasi setiap harinya.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua.

Bandung, 29 Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Dunia industri manufaktur tidak dapat dipisahkan dari proses permesinan. Pada proses permesinan terutama pada mesin CNC, penggunaan cairan pendingin (*coolant*) untuk menjaga suhu alat potong dan benda kerja merupakan hal yang bersifat wajib. Kuantitas penggunaan cairan pendingin pada industri manufaktur cukup besar. Kuantitas penggunaan cairan pendingin yang cukup besar ini tentu memiliki dampak kepada lingkungan. Untuk mengurangi dampak tersebut, diperlukan sebuah sistem untuk mengatur penggunaan cairan pendingin secara optimal. Salah satu sistem yang dapat mendukung tuntutan tersebut adalah sistem *Minimum Quantity Lubrication* (MQL). Tujuan penggunaan cairan pendingin diantaranya mendinginkan zona pemotongan mengurangi suhu dan distorsi *thermal* benda kerja. Variabel yang memiliki korelasi langsung terhadap penyesuaian debit cairan pendingin adalah kenaikan temperatur. Sistem MQL merupakan sebuah perangkat yang dibuat terpisah dari mesin CNC (*attachment*). Relasi Sistem MQL terhadap arus listrik motor penggerak alat potong untuk pengaturan jalan atau tidaknya MQL perlu dihindari dan membuat relasi baru secara individu di dalam sistem MQL itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem MQL yang bersifat *standalone*, Mendapatkan metode pengambilan data temperatur dalam proses *material removal*, dan dapat menerapkan variabel input temperatur dalam penyesuaian debit cairan pendingin dengan memanfaatkan kamera thermal.

Kata kunci: proses permesinan, *Minimum Quantity Lubrication* (MQL), input temperatur, penyesuaian debit cairan pendingin, kamera thermal

ABSTRACT

The world of manufacturing industry cannot be separated from the machining process. In the machining process, especially on CNC machines, the use of coolant to maintain the temperature of cutting tools and workpieces is mandatory. The quantity of coolant usage in the manufacturing industry is quite large. This large quantity of coolant usage certainly has an impact on the environment. To reduce this impact, a system is needed to optimally manage the use of coolant. One system that can support these demands is the Minimum Quantity Lubrication (MQL) system. The purpose of using coolant includes cooling the cutting zone to reduce the temperature and thermal distortion of the workpiece. The variable that has a direct correlation to the adjustment of coolant discharge is temperature rise. The MQL system is a device that is made separate from the CNC machine (attachment). The relation of the MQL system to the electric current of the cutting tool drive motor for setting the MQL running or not needs to be avoided and create a new relation individually in the MQL system itself. This research aims to create a standalone MQL system, obtain a method of taking temperature data in the material removal process, and can apply temperature input variables in adjusting the coolant discharge by utilizing a thermal camera.

Keywords: *machining process, Minimum Quantity Lubrication (MQL), temperature input, coolant discharge adjustment, thermal camera*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR GRAFIK	vii
DAFTAR DIAGRAM	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-5
I.3 Batasan Masalah.....	I-5
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-5
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Proses pemesinan	II-1
II.1.2 Fenomena temperatur <i>metal cutting</i>	II-2
II.1.3 Karakteristik alat potong	II-5

II.1.4	<i>Cutting fluid</i> atau cairan pemotongan	II-7
II.1.5	Metode wet machining	II-8
II.1.6	Metode near-dry & dry machining	II-10
II.1.7	Thermal image processing	II-11
II.1.8	Ingress protection (IP)	II-12
II.2	Tinjauan Alat	II-15
II.2.1	Kamera <i>thermal</i>	II-15
II.2.2	Mikrokontroler	II-17
II.2.3	Motor stepper	II-22
II.2.4	Driver motor	II-24
II.2.5	Modul relay	II-25
II.2.6	<i>Solenoid Valve Pneumatic</i>	II-28
II.2.7	MCB (<i>Miniature Circuit Breaker</i>)	II-29
II.2.8	<i>Power supply</i>	II-31
II.2.9	Pompa peristaltik	II-33
II.2.10	LCD (Liquid Crystal Display)	II-34
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Metodologi Penelitian	III-1
III.2	Penentuan Penyesuaian Spesifikasi	III-4
III.2.1	Desain Sistem	III-4
III.2.2	Alur Kerja	III-6
III.2.3	Diagram Blok	III-6
III.2.4	Struktur Fungsi	III-7
III.2.5	Penentuan Komponen	III-7
III.3	Konsep Spesifik	III-10

III.3.1	Rancangan Mekanik.....	III-11
III.3.2	Rancangan Perangkat Kontrol.....	III-15
III.3.3	Rancangan Program Kontrol.....	III-22
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Implementasi Rancangan Mekanik	IV-1
IV.1.1	Kamera Thermal.....	IV-1
IV.1.2	Dudukan <i>Mist Coolant Lubricating Spray</i>	IV-2
IV.1.3	Pemasangan Kamera Thermal dan <i>Mist Coolant Lubricating Spray</i> pada <i>Magnetic Base</i>	IV-3
IV.1.4	Cover Modul	IV-4
IV.2	Hasil Rancangan Perangkat Kontrol.....	IV-5
IV.2.1	On/Off Sistem	IV-5
IV.2.2	Kamera Thermal.....	IV-7
IV.2.3	Pompa peristaltik.....	IV-17
IV.2.4	Persamaan pengaruh temperatur terhadap <i>flowrate</i>	IV-25
IV.3	Hasil Rancangan Program Kontrol	IV-27
IV.3.1	Pemrograman kalibrasi temperatur	IV-27
IV.3.2	Pemrograman pompa peristaltik	IV-28
IV.3.3	Pemrograman informasi <i>flowrate</i>	IV-29
IV.4	Hasil pengujian sistem	IV-30
IV.4.1	Mesin konvensional	IV-30
IV.4.2	Mesin CNC	IV-33
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran	V-1

VII DAFTAR PUSTAKA.....	cviii
LAMPIRAN.....	cxii

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Hasil Wawancara Penggunaan Cairan pendingin Pada Instansi / Perusahaan.....	I-2
Tabel 2. 1 Nilai kekerasan (pada suhu kamar) dan kekuatan pecah melintang untuk berbagai bahan perkakas	II-6
Tabel 2. 2 Kode IP angka pertama	II-12
Tabel 2. 3 Kode IP angka kedua	II-13
Tabel 2. 4 Spesifikasi driver motor stepper A4988	II-24
Tabel 3. 1 Tabel penjelasan diagram alur Pengembangan <i>Smart Embedded Coolant System</i> berbasis <i>Minimum Quantity Lubrication</i>	III-2
Tabel 3. 2 Morfologi pemilihan komponen	III-8
Tabel 3. 3 Evaluasi morfologi.....	III-9
Tabel 3. 4 Indeks penilaian	III-9
Tabel 3. 5 Komponen terpilih	III-10
Tabel 3. 6 Rincian komponen kamera thermal	III-11
Tabel 3. 7 Rincian komponen dudukan <i>mist coolant lubricating spray</i>	III-13
Tabel 3. 8 Rincian komponen dudukan LCD 16x2	III-15
Tabel 3. 9 Relasi Antara Pin Komponen Input	III-17
Tabel 3. 10 Relasi Antara Pin Komponen Input	III-19
Tabel 3. 11 Relasi pin komponen output solenoid dan lampu indikator.....	III-20
Tabel 3. 12 Relasi antara pin komponen output LCD 16x2.....	III-21
Tabel 4. 1 Data pengambilan temperatur	IV-9
Tabel 4. 2 Pengambilan 10 data temperatur yang memiliki nilai depan koma sama secara berurutan	IV-10

Tabel 4. 3 Perbandingan rata-rata hasil pengukuran temperatur pada setiap <i>set value</i>	IV-11
Tabel 4. 4 Validasi persamaan relasi nilai temperatur AMG8833 terhadap thermogun	IV-12
Tabel 4. 5 Validasi persamaan relasi nilai temperatur AMG8833 terhadap thermogun	IV-14
Tabel 4. 6 Uji efektifitas persamaan	IV-16
Tabel 4. 7 Hasil waktu uji coba variabel rotate terhadap <i>flowrate</i> pada RPM 200	IV-18
Tabel 4. 8 Konversi nilai perhitungan waktu menjadi ml/h dan rata-rata <i>Flowrate</i>	IV-18
Tabel 4. 9 Tabel perhitungan mencari nilai rotate	IV-19
Tabel 4. 10 Hasil waktu uji coba pengaruh nilai RPM terhadap <i>flowrate</i>	IV-19
Tabel 4. 11 Konversi nilai perhitungan waktu menjadi ml/h dan rata-rata <i>flowrate</i>	IV-20
Tabel 4. 12 Validasi persamaan pengaruh nilai rpm terhadap <i>flowrate</i>	IV-21
Tabel 4. 13 Validasi persamaan pengaruh nilai RPM terhadap <i>flowrate</i>	IV-23
Tabel 4. 14 Validasi persamaan pengaruh nilai RPM terhadap <i>flowrate</i>	IV-24
Tabel 4. 15 Pengaruh nilai error temperatur terhadap <i>flowrate</i>	IV-26
Tabel 4. 16 Parameter Proses Permesinan	IV-31
Tabel 4. 17 Hasil pengambilan data pengaruh penggunaan sistem <i>minimum quantity lubrication</i> pada temperatur pemotongan	IV-32
Tabel 4. 18 Parameter permesinan saat uji coba	IV-33
Tabel 4. 19 Hasil dari pengukuran temperatur pemotongan saat tidak menggunakan pendinginan	IV-34
Tabel 4. 20 Hasil Dari Pengukuran Temperatur Pemotongan Saat Menggunakan Sistem <i>Minimum Quantity Lubrication</i>	IV-34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram blok sistem sistem Minimum Quantity Lubrication oleh Taufiq Abdul Karim Ihsyani (217411023) “PEMBUATAN SISTEM MINIMUM QUANTITY LUBRICATION (MQL) DENGAN KONTROL ARDUINO PADA MESIN CNC”.....	I-3
Gambar 2. 1 Karakteristik umum distribusi suhu di zona pemotongan.....	II-3
Gambar 2. 2 Temperatur yang dihasilkan dalam pembubutan baja 52100: (a) distribusi temperatur <i>flank</i> dan (b) distribusi temperatur <i>tool-chip interface</i>	II-3
Gambar 2. 3 Proporsi dari panas yang dihasilkan dalam pemotongan yang ditransfer ke pahat, benda kerja, dan chip, dan chip sebagai fungsi dari kecepatan potong	II-4
Gambar 2. 4 Hubungan kekerasan panas yang umum untuk material perkakas yang dipilih.	II-7
Gambar 2. 5 Kamera thermal AMG8833.....	II-15
Gambar 2. 6 Ilustrasi pengaturan kamera inframerah.....	II-16
Gambar 2. 7 AMG8833.....	II-16
Gambar 2. 8 Mikrokontroler ESP 32	II-17
Gambar 2. 9 Variasi jenis ESP32.....	II-19
Gambar 2. 10 Arduino IDE.....	II-20
Gambar 2. 11 Stepper motor	II-22
Gambar 2. 12 Mekanisme relay	II-26
Gambar 2. 13 Modul relay	II-26
Gambar 2. 14 <i>Solenoid valve pneumatic</i>	II-28
Gambar 2. 15 <i>Mini circuit breaker</i>	II-29
Gambar 2. 16 Pemutusan hubungan arus listrik dengan suhu tinggi	II-30
Gambar 2. 17 Pemutusan hubungan arus listrik secara magnetik.....	II-31
Gambar 2. 18 <i>Power supply</i>	II-31

Gambar 2. 19 Skema pompa peristaltik	II-34
Gambar 2. 20 Struktur dasar LCD	II-35
Gambar 3. 1 Rancangan mekanik kamera.....	III-11
Gambar 3. 2 Dudukan <i>mist coolant luricating spray</i>	III-12
Gambar 3. 3 Rancangan mekanik modul kontrol.....	III-13
Gambar 3. 4 Instalasi kamera dan <i>mist coolant lubricating spray</i>	III-14
Gambar 3. 5 Rancangan mekanik dudukan LCD 16x2.....	III-15
Gambar 4. 1 Hasil implementasi rancangan mekanik kamera thermal.....	IV-2
Gambar 4. 2 Hasil implementasi rancangan mekanik dudukan <i>mist coolant lubricating spray</i>	IV-3
Gambar 4. 3 Hasil pemasangan kamera thermal dan <i>mist coolant lubricating spray</i> pada <i>magnetic base</i>	IV-4
Gambar 4. 4 Hasil implementasi rancangan mekanik cover modul.....	IV-5
Gambar 4. 5 Tampilan LCD 16x2 pada saat fase <i>setup</i>	IV-6
Gambar 4. 6 Tampilan LCD 16x2 pada saat fase standby	IV-6
Gambar 4. 7 Tampilan LCD 16x2 pada saat fase sistem aktif.....	IV-7
Gambar 4. 8 Sumber panas yang dideteksi (<i>Extruder</i>)	IV-9
Gambar 4. 9 Gelas ukur yang digunakan pada uji coba <i>flowrate</i>	IV-17
Gambar 4. 10 Program C++ kalibrasi kamera thermal	IV-27
Gambar 4. 11 Program C++ kalibrasi kamera thermal	IV-29
Gambar 4. 12 Program C++ informasi <i>flowrate</i>	IV-29
Gambar 4. 13 Mesin yang digunakan untuk uji coba sistem	IV-30
Gambar 4. 14 <i>Setup feedrate</i> mesin frais	IV-31
Gambar 4. 15 Skema pengambilan data.....	IV-31

Gambar 4. 16 Instalasi sistem *minimum quantity lubrication* pada mesin Aciera F3
.....IV-32

Gambar 4. 17 Instalasi sistem *minimum quantity lubrication* pada mesin CNC .IV-
34

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Pengaruh perubahan nilai tegangan luaran terhadap nilai temperatur AMG8833	IV-8
Grafik 4. 2 Nilai data temperatur AMG8833 terhadap thermogun	IV-12
Grafik 4. 3 Hasil pembagian grafik relasi nilai temperatur AMG8833 terhadap thermogun	IV-13
Grafik 4. 4 Grafik persamaan pengaruh nilai rotate terhadap <i>flowrate</i>	IV-19
Grafik 4. 5 Grafik persamaan pengaruh nilai RPM terhadap <i>flowrate</i>	IV-21
Grafik 4. 6 Validasi persamaan pengaruh nilai RPM terhadap <i>flowrate</i>	IV-22
Grafik 4. 7 Persamaan pengaruh nilai RPM 83 hingga 200 terhadap <i>flowrate</i>	IV-22
Grafik 4. 8 Validasi persamaan pengaruh nilai RPM terhadap <i>flowrate</i>	IV-25
Grafik 4. 9 Pengaruh nilai error temperatur terhadap <i>flowrate</i>	IV-26
Grafik 4. 10 Hasil pengambilan data pengaruh penggunaan sistem <i>minimum quantity lubrication</i> pada temperatur pemotongan	IV-33

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 3. 1 Diagram alur Pengembangan <i>Smart Embedded Coolant System</i> berbasis <i>Minimum Quantity Lubrication</i>	III-2
Diagram 3. 2 Gambaran umum desain sistem	III-5
Diagram 3. 3 Alur kerja sistem secara umum	III-6
Diagram 3. 4 Diagram blok sistem	III-7
Diagram 3. 5 <i>Wiring diagram</i> keseluruhan.....	III-16
Diagram 3. 6 <i>Wiring diagram</i> input.....	III-17
Diagram 3. 7 <i>Wiring diagram</i> output.....	III-18
Diagram 3. 8 <i>Wiring diagram</i> output motor <i>stepper</i>	III-19
Diagram 3. 9 <i>Wiring diagram</i> solenoid & lampu indikator	III-20
Diagram 3. 10 <i>Wiring diagram</i> LCD 16x2	III-21
Diagram 3. 11 Diagram alur kerja rancangan sistem keseluruhan.....	III-22
Diagram 3. 12 Diagram alur kerja algoritma <i>coding</i>	III-23
Diagram 4. 1 Skema AMG8833.....	IV-7
Diagram 4. 2 Diagram batang rata-rata nilai temperature di tiap <i>set point</i>	IV-11
Diagram 4. 3 Algoritma proses kalibrasi nilai temperatur	IV-27
Diagram 4. 4 Algoritma proses pompa peristaltik	IV-28
Diagram 4. 5 Algoritma proses informasi <i>flowrate</i>	IV-29
Diagram 4. 6 Diagram batang temperatur pemotongan pada material alluminium.....	IV-35
Diagram 4. 7 Diagram batang temperatur pemotongan pada material St37	IV-35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Form wawancara penggunaan cairan pendingin

Lampiran 2 Datasheet AMG8833

Lampiran 3 Program C++ sistem MQL

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

MQL = *Minimum Quantity Lubrication*

CNC = *Computer Numerical Control*

ADC = *Analog to Digital Converter*

RPM = *Rotation per Minute*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dunia industri manufaktur tidak dapat dipisahkan dari proses pemesinan. Proses pemesinan menjadi suatu metoda standar yang banyak digunakan dalam industri manufaktur. proses pemesinan banyak diterapkan pada pembuatan benda kubikal dan silinder seperti *jig & fixtures*, *housing*, dudukan poros, poros, *hub*, dan lain-lain.

Seiring perkembangan zaman, industri mulai menerapkan sistem otomasi pada mesin perkakas, Salah satu sistem otomasi yang seringkali kita temui di industri adalah mesin CNC (*Computer Numerical Control*). CNC menjadi sebuah solusi dalam memenuhi kebutuhan pekerjaan manufaktur. Hal ini dikarenakan mesin CNC memiliki kemampuan melakukan pekerjaan yang keterulangan dengan konsisten. Sehingga, mesin CNC dapat meningkatkan efektifitas dalam pekerjaan manufaktur.

Pada proses permesinan terutama pada mesin CNC, penggunaan cairan pendingin (*coolant*) untuk menjaga suhu alat potong dan benda kerja merupakan hal yang bersifat wajib. cairan pendingin digunakan secara ekstensif dalam proses pemesinan untuk tujuan. [1]

1. Mengurangi gesekan dan keausan, sehingga meningkatkan umur alat potong dan kehalusan permukaan benda kerja.
2. Mendinginkan zona pemotongan, sehingga meningkatkan umur alat potong serta mengurangi suhu dan distorsi *thermal* benda kerja.
3. Mengurangi beban dan konsumsi energi.
4. Membuang serpihan dari zona pemotongan, sehingga mencegah serpihan mengganggu proses pemotongan, khususnya pada proses pengeboran dan pembuatan ulir.
5. Melindungi permukaan mesin dari korosi lingkungan.

Kuantitas penggunaan cairan pendingin pada industri manufaktur dapat dilihat dari hasil wawancara yang telah dilakukan kepada 2 institusi/perusahaan yaitu Politeknik Manufaktur Bandung dan PT. Cakratirta Abadi Utama. Hasil wawancara mengenai kuantitas penggunaan cairan pendingin pada kedua institusi/perusahaan tersebut ditampilkan pada tabel 1. 1.

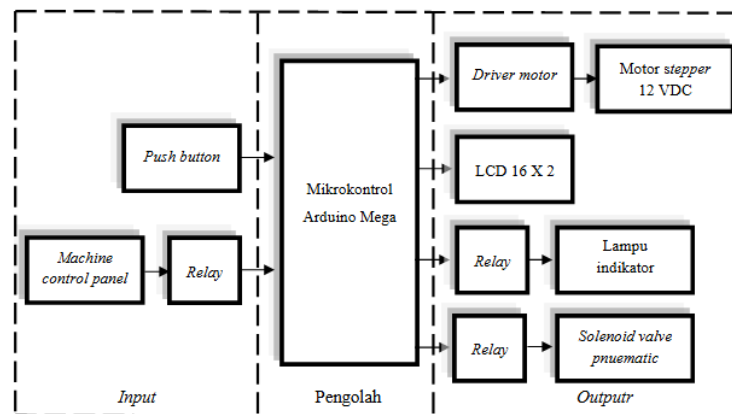
Tabel 1. 1 Data hasil wawancara penggunaan cairan pendingin pada instansi / perusahaan

Instansi / Perusahaan	Pembelian <i>Coolant</i> (Liter / bulan)	Penambahan Air / Liter	Penggunaan <i>Coolant</i> (Liter / Bulan)
Politeknik Manufaktur Bandung	21	15	336
PT.Cakratirta Abadi Utama	50	15	800

Kuantitas penggunaan cairan pendingin pada industri manufaktur cukup besar. Kuantitas penggunaan cairan pendingin yang cukup besar ini tentu memiliki dampak kepada lingkungan. Untuk mengurangi dampak tersebut, diperlukan sebuah sistem untuk mengatur penggunaan cairan pendingin secara optimal. Salah satu sistem yang dapat mendukung tuntutan tersebut adalah sistem *Minimum Quantity Lubrication* (MQL).

Polman Bandung sudah melakukan riset & perancangan mengenai sistem MQL. Pembuatan sistem MQL pertama kali dilakukan oleh Taufiq Abdul Karim Ihsyani (217411023) dengan judul “PEMBUATAN SISTEM MINIMUM QUANTITY LUBRICATION (MQL) DENGAN KONTROL ARDUINO PADA MESIN CNC”. Penelitian ini berfokus pada pembuatan sistem MQL pada mesin CNC serta membuat kontrol Arduino untuk sistem MQL. Penelitian ini sebagai langkah awal pembuatan MQL di Polman Bandung. Lalu dikembangkan oleh Faza Husnan Anshori (221411912) dengan judul “PENGUNAAN METODA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) PADA OPTIMASI MINIMUM QUANTITY LUBRICATION (MQL) UNTUK MEMPEROLEH REKOMENDASI DEBIT OPTIMAL PADA TEMPERATUR 26°C - 30°C DI MESIN CNC MILLING”.

Penelitian ini berfokus pada optimalisasi debit *lubricant* untuk sistem sistem *Minimum Quantity Lubrication* (MQL).



Gambar 1. 1 Diagram blok sistem sistem Minimum Quantity Lubrication oleh Taufiq Abdul Karim Ihsyani (217411023) “PEMBUATAN SISTEM MINIMUM QUANTITY LUBRICATION (MQL) DENGAN KONTROL ARDUINO PADA MESIN CNC”

Pengaturan debit cairan pendingin pada sistem MQL yang ada saat ini mengacu kepada kedalaman pemotongan[3]. kedalaman pemotongan berpengaruh kepada gaya pemotongan, gaya pemotongan sebagai bagian dari proses pemesinan mengakibatkan kenaikan temperatur yang mempengaruhi umur alat potong, akurasi dimensi benda kerja, & kerusakan thermal pada permukaan benda. [1]

Untuk pengaturan jalan atau tidaknya sistem MQL, sistem MQL yang sudah ada mengacu kepada putaran alat potong, dengan menjadikan aliran arus listrik ke motor penggerak alat potong sebagai sensor. Dengan hubungan tersebut, maka sistem MQL yang sudah ada tidak dapat digunakan secara umum (*universal*) di mesin CNC lain.

Tujuan penggunaan cairan pendingin diantaranya mendinginkan zona pemotongan, mengurangi suhu dan distorsi *thermal* benda kerja. dengan demikian, kita dapat menarik kesimpulan bahwa variabel yang memiliki korelasi langsung terhadap penyesuaian debit cairan pendingin adalah kenaikan temperatur. Apabila menggunakan variabel kedalaman pemotongan untuk mendapat variabel suhu, banyak variabel lain yang perlu dimasukkan seperti material benda kerja, material

alat potong, diameter alat potong (frais), *feedrate*, dan parameter pemesinan lainnya untuk penyesuaian penggunaan debit cairan pendingin yang bertujuan menjaga perubahan suhu. Perubahan suhu dapat dideteksi langsung menggunakan sensor thermal. Penggunaan variabel suhu yang didapatkan dari sensor thermal dapat merangkum semua variabel parameter pemesinan yang berkaitan dengan kenaikan temperatur. sehingga penyesuaian penggunaan debit cairan pendingin yang bertujuan menjaga perubahan suhu memiliki data variabel input yang lebih absolut jika dibandingkan dengan parameter kedalaman pemotongan.

Sistem MQL merupakan sebuah perangkat yang dibuat terpisah dari mesin CNC (*attachment*). Dimana perangkat tersebut harus dapat digunakan di mesin manapun baik pada mesin CNC maupun konvensional (*plug and play*). Sistem MQL yang sudah ada menjadikan aliran arus listrik ke motor penggerak alat potong sebagai sensor. Untuk mendukung Sistem MQL yang dapat digunakan di mesin manapun baik pada mesin CNC maupun konvensional (*plug and play*), Relasi Sistem MQL terhadap arus listrik motor penggerak alat potong untuk pengaturan jalan atau tidaknya MQL perlu dihindari dan membuat relasi baru secara individu di dalam sistem MQL itu sendiri.

Dengan demikian, penulis menjadikan Pengembangan *Embedded Coolant System* berbasis *Minimum Quantity Lubrication* sebagai tema judul dari pengerjaan tugas akhir sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan diploma IV di Politeknik Manufaktur Bandung. Adapun judul tugas akhir ini adalah “Pengembangan *Smart Embedded Coolant System* berbasis *Minimum Quantity Lubrication* (MQL).

I.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang tersebut, perumusan masalah dari “Pengembangan *Smart Embedded Coolant System* berbasis *Minimum Quantity Lubrication (MQL)*” adalah:

1. Rancangan mekanik *Minimum Quantity Lubrication* yang dapat diaplikasikan pada mesin perkakas tanpa mengganggu perangkat mesin yang sudah ada (*standalone*).
2. Rancangan perangkat kontrol yang mendukung tuntutan spesifikasi sistem *Minimum Quantity Lubrication*.
3. Rancangan program kontrol sistem *Minimum Quantity Lubrication* sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan. Meliputi algoritma penyesuaian debit cairan pendingin berdasarkan variabel input temperatur serta mendapatkan data temperatur *material removal process*.

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Posisi kamera dibuat tetap, karena akan berpengaruh terhadap keakuratan data temperatur.
2. Mesin yang digunakan pada saat uji coba.
3. Jenis material yang digunakan pada saat uji coba.
4. Jenis alat potong yang digunakan pada saat uji coba.

I.4 Tujuan dan Manfaat

penelitian memiliki suatu tujuan, tujuan tersebut didasari oleh rumusan masalah yang ada yaitu :

1. Sistem *Minimum Quantity Lubrication* dapat diaplikasikan pada mesin perkakas tanpa mengganggu perangkat mesin perkakas yang sudah ada (*standalone*).

2. Dapat menerapkan variabel input temperatur dalam penyesuaian debit cairan pendingin. Sehingga sumber variabel penyesuaian debit *coolant* lebih relevan.
3. Mendapatkan metode pengambilan data temperatur dalam proses *material removal*.

Manfaat dari penelitian ini diantaranya :

1. Memudahkan penggunaan sistem MQL pada setiap mesin CNC tanpa mengganggu perangkat CNC yang sudah ada.
2. Dapat menjadi solusi dalam mengurangi limbah *coolant* di lingkungan industri manufaktur. Sehingga industri dapat menjaga ekosistem lingkungan hidup terutama dalam lingkungan industri manufaktur.