

TESIS

**OPTIMASI PROSES APLIKASI MESIN ROBOTIK *SEALANT* UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS DIAMETER JALUR MENGGUNAKAN
METODE TAGUCHI DAN ANALISIS KAPABILITAS PROSES**

Disusun Oleh:

Nama : Wahyu Ardiansyah

NIM : 23206062001

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2097/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Optimasi Proses Aplikasi Mesin Robotik Sealant untuk Meningkatkan Kualitas Diameter Jalur Menggunakan Metode Taguchi dan Analisis Kapabilitas Proses

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : Ir WAHYU ARDIANSYAH, S.T, IPP
Nomor Induk Mahasiswa : 23206062001
Telah diujikan pada : Kamis, 06 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ir. Khusna Dwijayanti, ST., M.Eng., Ph.D, ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 6a8b98061ab3b



Penguji I

Dr. Ir. Ira Setyaningsih, S.T., M.Sc, IPM,
ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 6a8b99bf382d8



Penguji II

Dr. Ir. Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN Eng
SIGNED

Valid ID: 6a880fec95818



Yogyakarta, 06 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a8bcf716c3be

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN TESIS

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan melakukan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa tesis mahasiswa :

Nama : Wahyu Ardiansyah
NIM : 23206062001
Jurusan/Semester : Magister Teknik Industri / 5
Fakultas : Sains & Teknologi
Judul : Optimasi Proses Aplikasi Mesin Robotik Sealant
Untuk Meningkatkan Kualitas Diameter Jalur
Menggunakan Metode Taguchi Dan Analisis
Kapabilitas Proses

Sudah dapat diajukan Kembali kepada Program Studi Magister Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (Strata Dua) pada program Magister Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar tesis mahasiswa tersebut di atas dapat segera diseminarkan.

Yogyakarta, 24 Juni 2026

Pembimbing



Ir. Khusna Dwijayanti, ST., M.Eng., Ph.D, ASEAN Eng.

NIP : 19851212 201903 2 018

SURAT KETERANGAN TEMA TESIS

Berdasarkan rapat koordinasi dosen Program Studi **Magister Teknik Industri** maka mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Wahyu Ardiansyah
NIM : 23206062001
Jurusan/Semester : Magister Teknik Industri / 5
Fakultas : Sains & Teknologi

Mendapatkan persetujuan Tema Tesis dengan judul :

Optimasi Proses Aplikasi Mesin Robotik Sealant Untuk Meningkatkan Kualitas Diameter Jalur Menggunakan Metode Taguchi Dan Analisis Kapabilitas Proses

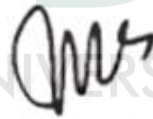
Dengan pembimbing sebagai berikut:

Nama Pembimbing : Dr. Ir. Khusna Dwijayanti, ST., M.Eng., Ph.D, ASEAN Eng.

Demikian pemberitahuan ini dibuat, agar mahasiswa yang bersangkutan segera berkonsultasi dengan pembimbing.

Yogyakarta, 24 Juni 2026

Ketua Program Studi Magister Teknik Industri



Dr. Ir. Ira Setyaningsih, S.T., M.Sc., IPM., ASEAN Eng.
NIP : 19790326 200604 2 002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Ardiansyah

NIM : 23206062001

Fakultas : SAINS dan Teknologi

Jenjang : Magister

Program Studi : Teknik Industri

Menyatakan dengan sepenuhnya bahwa tesis saya yang berjudul **“Optimasi Proses Aplikasi Mesin Robotik Sealant Untuk Meningkatkan Kualitas Diameter Jalur Menggunakan Metode Taguchi Dan Analisis Kapabilitas Proses”** adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagai acuan dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Juli 2026

Saya yang menyatakan,



Wahyu Ardiansyah

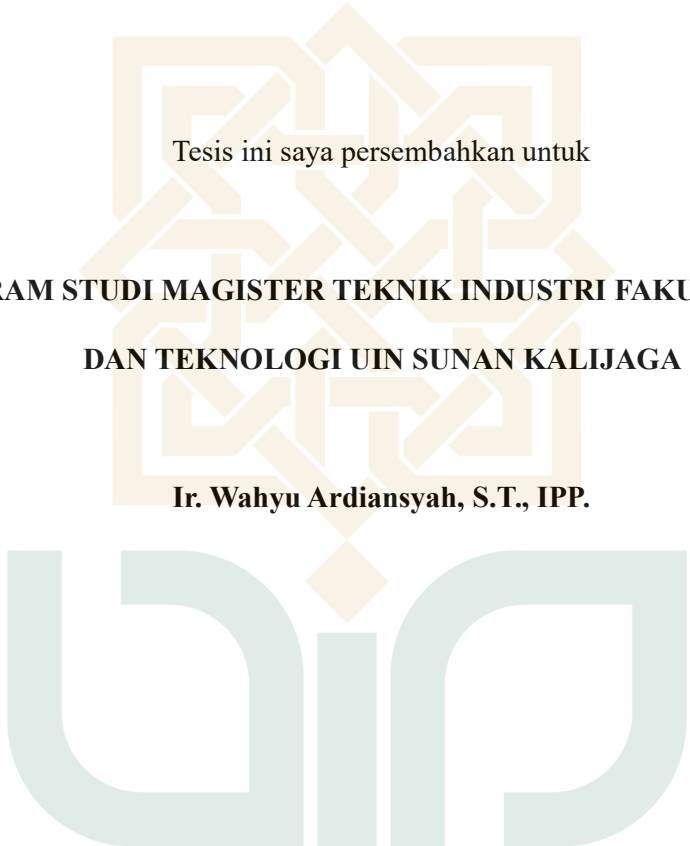
NIM. 23206062001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan untuk

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS SAINS
DAN TEKNOLOGI UIN SUNAN KALIJAGA**

Ir. Wahyu Ardiansyah, S.T., IPP.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

Ikhtiar Maksimal, Tawakal Total

- Wahyu Ardiansyah -



KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT puji serta syukur yang kami panjatkan, shalawat dan salam tak lupa terlimpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW. Karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun bisa menyelesaikan Tesis dengan judul “**Optimasi Proses Aplikasi Mesin Robotik Sealant Untuk Meningkatkan Kualitas Diameter Jalur Menggunakan Metode Taguchi dan Analisis Kapabilitas Proses**”. Tesis ini sangat penting bagi penyusun karena untuk memenuhi salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Magister Teknik (MT) Program Studi Magister Teknik Industri Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tesis ini diperlukan data, informasi-informasi di samping petunjuk untuk menyelesaikannya, oleh karena itu tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., Dekan Program Studi Magister Teknik Industri Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Ir. Ira Setyaningsih, S.T., M.Sc, IPM, ASEAN Eng., Ketua Program Studi dan Dosen Penasihat Akademik Magister Teknik Industri Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Ir. Khusna Dwijayanti, ST., M.Eng., Ph.D, ASEAN Eng., Selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Dr. Ir. Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng., Selaku Dosen Penguji.

5. Keluarga dan teman-teman yang telah mendukung dan membantu dalam proses pengerjaan tesis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga besar Magister Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang selalu memberikan dukungan kepada saya selama ini. Semoga Tugas Tesis ini dapat bermanfaat, baik sebagai sumber informasi maupun sumber inspirasi, bagi pembaca.

Yogyakarta, 24 Agustus 2026

Penulis,



Wahyu Ardiansyah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK

Proses aplikasi *Formed-In-Place Gasket* (FIPG) menggunakan mesin robotik memerlukan pengaturan parameter yang tepat untuk menghasilkan diameter *bead sealant* yang konsisten sesuai spesifikasi. Ketidaktepatan pengaturan parameter dapat menyebabkan variasi diameter dan meningkatkan risiko kegagalan proses serta pemborosan material pada tahap *setting* mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh tekanan pompa, kecepatan robot, dan ketinggian nozzle terhadap kualitas diameter *bead sealant*, menentukan kombinasi parameter proses yang optimum, serta menganalisis kapabilitas proses pada kondisi parameter optimum. Penelitian dilakukan menggunakan metode Taguchi dengan *Orthogonal Array* L9 dan karakteristik kualitas *Nominal is Best*. Eksperimen menggunakan material sealant dengan viskositas 75 Pa.s dan nozzle SNA-15G dengan diameter dalam 1,43 mm. Faktor yang diteliti terdiri atas tekanan pompa 0,1; 0,2; dan 0,3 MPa, kecepatan robot 50; 75; dan 100 mm/s, serta ketinggian nozzle 1; 1,5; dan 2 mm. Hasil analisis *Signal-to-Noise Ratio* menunjukkan bahwa tekanan merupakan faktor paling dominan dengan nilai delta 12,047, diikuti ketinggian nozzle sebesar 7,641 dan kecepatan robot sebesar 7,101. Berdasarkan analisis *means*, tekanan juga menjadi faktor paling dominan dengan kontribusi ANOVA sebesar 53,48%. Kombinasi parameter optimum diperoleh pada tekanan 0,1 MPa, kecepatan robot 100 mm/s, dan ketinggian nozzle 2 mm, dengan prediksi nilai *S/N Ratio* sebesar 23,5566 dan *mean* diameter sebesar 1,11847 mm. Selanjutnya, analisis kapabilitas proses pada kondisi optimum menghasilkan nilai C_p sebesar 3,95 dan C_{pk} sebesar 2,28, yang menunjukkan bahwa proses memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memenuhi batas spesifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Taguchi dapat digunakan untuk menentukan kombinasi parameter proses yang optimal, sedangkan analisis kapabilitas proses dapat digunakan untuk memastikan kestabilan dan kemampuan proses aplikasi *sealant* robotik.

Kata kunci: *Formed-In-Place Gasket* (FIPG), *bead sealant*, mesin robotik, metode Taguchi, *Signal-to-Noise Ratio*, kapabilitas proses.

ABSTRACT

The application of *Formed-In-Place Gasket* (FIPG) using a robotic machine requires appropriate process parameter settings to produce a consistent *sealant bead* diameter within the specified limits. Improper parameter settings can cause diameter variation, increase the risk of process failure, and lead to material waste during machine setup. This study aims to identify the effects of pump pressure, robot speed, and nozzle height on *sealant bead* diameter, determine the optimum combination of process parameters, and evaluate process capability under the optimum conditions. The Taguchi method with an L9 *Orthogonal Array* was employed using the *Nominal is Best* quality characteristic. The experiment used sealant with a viscosity of 75 Pa.s and an SNA-15G nozzle with an internal diameter of 1.43 mm. The investigated factors consisted of pump pressures of 0.1, 0.2, and 0.3 MPa; robot speeds of 50, 75, and 100 mm/s; and nozzle heights of 1, 1.5, and 2 mm. The *Signal-to-Noise Ratio* analysis showed that pressure was the most dominant factor, with a delta value of 12.047, followed by nozzle height at 7.641 and robot speed at 7.101. Based on the *means* analysis, pressure was also the most dominant factor, with an ANOVA contribution of 53.48%. The optimum process parameter combination was obtained at a pressure of 0.1 MPa, a robot speed of 100 mm/s, and a nozzle height of 2 mm, with a predicted *S/N Ratio* of 23.5566 and a predicted mean bead diameter of 1.11847 mm. Furthermore, process capability analysis under the optimum conditions resulted in a C_p value of 3.95 and a C_{pk} value of 2.28, indicating that the process has a very high capability to meet the specified limits. The results demonstrate that the Taguchi method can be used to determine an optimum combination of process parameters, while process capability analysis can be used to evaluate the stability and capability of the robotic *sealant* application process.

Keywords: *Formed-In-Place Gasket* (FIPG), *sealant bead*, robotic machine, Taguchi method, *Signal-to-Noise Ratio*, process capability.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERSETUJUAN TESIS	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Pertanyaan Penelitian	11
1.3. Tujuan Penelitian.....	11
1.4. Manfaat Penelitian.....	12
1.5. Batasan Penelitian	12
1.6. Sistematika Penulisan.....	13
BAB II	15
TINJAUAN PUSTAKA	15

2.1.	Penelitian Terdahulu	15
2.2.	Landasan Teori.....	32
2.2.1.	<i>Sealant</i> FIPG	32
2.2.2.	Aplikasi <i>Sealant</i> FIPG <i>Robotic</i>	33
2.2.3.	Metode Taguchi	34
2.2.4.	Analisa Kapabilitas Proses	35
BAB III		39
METODE PENELITIAN		39
3.1.	Object Penelitian	39
3.2.	Alat Penelitian	39
3.3.	Bahan Penelitian	44
3.4.	Penentuan Faktor dan Level	44
3.5.	Metode Pengumpulan Data	46
3.5.1.	Pengumpulan Data Metode Taguchi.....	47
3.5.2.	Pengumpulan Data Analisa Kapabilitas Proses	50
3.6.	Diagram Alir Penelitian	51
BAB IV		56
HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1.	Pengambilan Sample	56
4.2.	Metode Taguchi	57
4.2.1.	<i>Design of Experiment</i> (DoE)	58

4.2.2.	Hasil Pengukuran <i>Design of Experiment</i>	61
4.2.3.	Analisa Hasil Pengujian <i>Nominal Is Best Signal-to-Noise Ratios</i>	65
4.2.4.	Analisa Hasil Pengujian <i>Nominal Is Best Means</i>	68
4.2.5.	Analisa ANOVA Taguchi.....	70
4.2.6.	Interaksi Antar Faktor.....	73
4.2.7.	Hasil Prediksi Taguchi.....	77
4.3.	Analisa Kapabilitas Proses	78
BAB V		83
PENUTUP		83
5.1.	Kesimpulan.....	83
5.2.	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN		93

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
 YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Aplikasi <i>Sealant</i> Pada <i>Engine Part</i>	1
Gambar 1. 2 <i>Sealant Manual Application</i>	3
Gambar 1. 3 <i>Sealant Auto Application</i>	3
Gambar 1. 4 Jalur Dan Standar <i>Bead Sealant</i> Roda Dua	8
Gambar 1. 5 Jalur Dan Standar <i>Bead Sealant</i> Roda Empat	8
Gambar 2. 1 Robot <i>Aplikator Sealant</i> FIPG	33
Gambar 3. 1 Robot Janome	40
Gambar 3. 2 <i>Pump Catridge Booster 20</i>	41
Gambar 3. 3 Selang tekanan tinggi	41
Gambar 3. 4 <i>Valve</i>	42
Gambar 3. 5 Ukuran <i>Nozzle</i>	42
Gambar 3. 6 Akrilik	43
Gambar 3. 7 Jangka Sorong	43
Gambar 3. 8 <i>Filler Gauge</i>	43
Gambar 3. 9 Material Penelitian	44
Gambar 3. 10 Pengukuran diameter FIPG jalur <i>Sealant Vertical</i> dan <i>Horizontal</i>	47
Gambar 3. 11 Pengukuran diameter pada empat sisi	47
Gambar 4. 1 Area Pengukuran Diameter	61
Gambar 4. 2 <i>Main Effect Plot for Signal-to-Noise (S/N) ratio</i>	66
Gambar 4. 3 <i>Main Effect Plot for Means</i>	69
Gambar 4. 4 Uji <i>Normalitas Probability Plot of Signal-to-Ration</i>	71
Gambar 4. 5 Grafik Interaksi Antara Faktor Tekanan Dan Kecepatan Robot	73

Gambar 4. 6 Grafik Interaksi Antara Faktor Tekanan Dan Ketinggian <i>Nozzle</i>	74
Gambar 4. 7 Grafik Interaksi Antara Faktor Kecepatan Dan Ketinggian <i>Nozzle</i> .	75
Gambar 4. 8 Grafik Interaksi Antara Faktor Tekanan, Kecepatan Dan Ketinggian <i>Nozzle</i>	76
Gambar 4. 9 <i>Process Capability Report</i>	80



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	16
Tabel 3. 1 Faktor dan Level.....	46
Tabel 3. 2 Kombinasi Faktor dan Level Metode konvensional	48
Tabel 3. 3 <i>Design Of Experiment</i> Metode Taguchi	49
Tabel 3. 4 Tabel Kombinasi Parameter	49
Tabel 3. 5 Toleransi target Diameter Bead Sealant	50
Tabel 3. 6 Tabel <i>Design Taguchi Orthogonal Array</i>	53
Tabel 3. 7 Tabel <i>Orthogonal Aray L9</i> Pattern Mesin	54
Tabel 4. 1 Faktor dan level penelitian	57
Tabel 4. 2 <i>Orthogonal Array (OA) L9</i>	59
Tabel 4. 3 Foto Hasil <i>Design of Experiment</i>	60
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Diameter <i>Vertical</i> dan <i>Horizontal</i>	62
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Rata-rata Diameter.....	63
Tabel 4. 6 <i>Response Table for Signal-to-Noise Ratios Nominal is best</i>	65
Tabel 4. 7 <i>Response Table for Means</i>	68
Tabel 4. 8 <i>Analysis of Variance</i>	72
Tabel 4. 9 <i>Settings</i>	77
Tabel 4. 10 <i>Prediction</i>	77
Tabel 4. 11 Hasil Eksperimen Konfirmasi	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sistem perekatan memiliki peranan penting dalam industri manufaktur, sistem perekatan ini biasanya menggunakan lem *adhesive* dan *sealant*. Lem *adhesive* dirancang untuk merekatkan dua permukaan secara kuat, sedangkan *sealant* difokuskan untuk mengisi celah, menyegel sambungan, dan mencegah kebocoran. Pada proses perakitan komponen mesin, khususnya pada bagian yang memerlukan sambungan rapat seperti *engine block*, aplikasi *sealant* menjadi aspek penting agar tidak adanya kebocoran cairan ataupun gas ketika sudah disegel, dan menjaga kinerja mesin secara optimal. *Sealant* yang diaplikasikan pada *engine block* juga harus tahan terhadap suhu, tekanan, dan gerakan sekecil apa pun. Pada umumnya *Sealant* yang digunakan untuk *engine block* adalah *Formed In Place Gasket* (FIPG), yaitu *sealant* cair yang diaplikasikan langsung ke permukaan sambungan dan akan mengeras membentuk gasket setelah proses *curing*.

Pada umumnya *engine block* memiliki beberapa *part* yang diberikan *sealant* FIPG sebagai penyegel antar *part*. Area pengaplikasian *sealant* pada part *engine* dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Aplikasi *Sealant* pada *Engine Part*
Sumber : <https://www.henkel-adhesives.com/>

Kualitas diameter *sealant* untuk perekatan antar part dan mencegah bocor sangat penting untuk dunia industri, penelitian mengenai dimensi *sealant* pada *Formed In Place Gasket* (FIPG) menunjukkan bahwa dimensi gasket merupakan salah satu faktor penting dalam menjamin keandalan *sealing*, menunjukkan bahwa *film thickness* memengaruhi karakteristik kekuatan gasket, meskipun pengaruhnya bergantung pada jenis *sealant* yang digunakan. Pada *elastic sealant*, ketebalan gasket yang memadai diperlukan agar gasket mampu mengakomodasi perpindahan relatif (*relative displacement*) antar-*flange* dan mengurangi risiko kerusakan gasket. (Simader dkk., 2012). Oleh karena itu, pengendalian dimensi *sealant* FIPG selama proses aplikasi menjadi penting untuk memperoleh dimensi dan karakteristik gasket yang sesuai dengan kebutuhan *sealing* dan menjaga keandalannya.

Seiring dengan perkembangan teknologi industri manufaktur, aplikasi *sealant* FIPG tidak lagi dilakukan secara manual, melainkan menggunakan system otomasi. Otomasi bermanfaat untuk mengurangi kerja manusia yang sebelumnya melakukan produksi secara manual dengan tenaga manusia penuh, menggunakan metode produksi secara otomasi, manusia hanya sebagai pengoperasi mesin dan sebagai pengawas kerja mesin saja. Proses dilakukan menggunakan mesin tanpa melibatkan proses manual yang dilakukan oleh manusia secara langsung. Intruksi dikombinasikan dengan sistem kontrol untuk mengeksekusi perintah tersebut (Mikell P. Groover., 2012). Otomasi dapat meningkatkan hingga 30% produktifitas produksi, mengurangi limbah material dan mendukung upaya berkelanjutan, namun ini menimbulkan tantangan baru bagi manusia untuk mengembangkan keterampilan (Pramudita dkk., 2024). Sistem otomasi dan robotik sudah menjadi elemen penting untuk meningkatkan produktivitas dalam sektor manufaktur. Selain

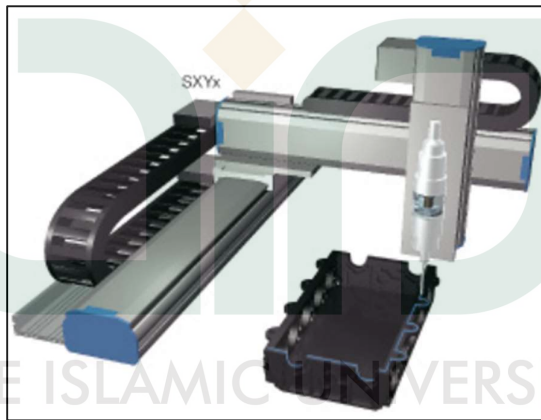
meningkatkan efisiensi operasional juga menghasilkan produk dengan kualitas tinggi, cepat dan hemat biaya (Ginting, 2024).

Pada aplikasi *sealant* FIPG terdapat dua jenis pengaplikasian yaitu aplikasi secara manual dan otomatis dengan memanfaatkan robot. Dapat dilihat pada gambar 1.2 dan 1.3 bagaimana perbedaan aplikasi *sealant* FIPG menggunakan system manual dan otomasi robotik.



Gambar 1. 2 *Sealant Manual Application*

Sumber : <https://www.ezbond.com.tw/Product-200938215235cad.html?CID=3>



Gambar 1. 3 *Sealant Auto Application*

Sumber : <https://www.yrginc.com/applications/>

Pada gambar 1.2 menunjukkan aplikasi *sealant* menggunakan manual, dimana *sealant* dikeluarkan oleh aplikator yang mengandalkan tangan manusia sebagai pengarah gerakan jalur sealant. Sedangkan pada gambar 1.3 menggunakan aplikasi *sealant* dengan sistem otomasi robotik, dimana pengaplikasian sudah menggunakan robot sebagai pengarah jalur *sealant* dimana aplikasi robotik ini

bertujuan untuk meningkatkan konsistensi, kecepatan, dan presisi aplikasi *sealant*. Namun, kualitas hasil aplikasi *sealant* FIPG tetap sangat bergantung pada parameter proses yang ada di mesin aplikasi *sealant* tersebut.

Berdasarkan *CRV7 Semi-Automated Sealant Application System Design*, sistem dispenser yang digunakan untuk aplikasi *sealant* memiliki kemampuan untuk mengatur laju aliran (*flow rate*) *sealant* melalui beberapa parameter, yaitu ukuran ujung *nozzle* (*nozzle tip size*), tekanan fluida (*fluid pressure*), dan durasi katup terbuka (*valve open duration*). Dengan demikian, tekanan fluida merupakan salah satu parameter yang secara langsung digunakan untuk mengendalikan laju aliran material *sealant* selama proses dispensing. Pengaturan tekanan menjadi semakin penting pada aplikasi material dengan viskositas tinggi. Dispenser yang dipilih digunakan untuk menghasilkan *continuous bead* dari fluida dengan viskositas tinggi (*high viscosity fluid*). Sistem dispenser pneumatik memungkinkan material *sealant* dialirkan secara terkontrol melalui *nozzle*, sehingga perubahan kondisi tekanan dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengendalikan jumlah material yang dikeluarkan selama proses aplikasi (Michael & Labossiere, 2013).

Pada proses dispensing material viskos, perubahan viskositas dapat memengaruhi jumlah material yang dikeluarkan. Pada sistem berbasis tekanan, peningkatan viskositas dengan tekanan yang tetap dapat menyebabkan jumlah material yang terdispensing berkurang dan berdampak pada dimensi *bead*. Oleh karena itu, tekanan perlu disesuaikan untuk menjaga konsistensi hasil dispensing. Selain tekanan, kecepatan pengeluaran material juga dapat digunakan untuk

mengendalikan dimensi *bead*, sehingga tekanan dan kecepatan menjadi parameter penting dalam menghasilkan *bead* yang konsisten (Burkus, II dkk., 2012).

Pada proses aplikasi *sealant* secara otomatis, kualitas dan konsistensi *bead* dipengaruhi oleh beberapa parameter proses. Parameter tersebut meliputi tekanan valve, kecepatan pompa atau gerakan benda kerja, diameter *nozzle*, serta posisi *nozzle* terhadap permukaan benda kerja yang mencakup ketinggian, jarak, dan sudut. Pengaturan parameter tersebut diperlukan untuk memperoleh volume dan bentuk *bead sealant* yang sesuai dengan kebutuhan proses. Penelitian pengembangan *dispensing process* juga menunjukkan bahwa ukuran *bead* dapat dikendalikan melalui tekanan suplai *sealant*, kecepatan gerak tip, dan jarak *nozzle* terhadap target. Dengan demikian, perubahan parameter tekanan, kecepatan aplikasi, dan posisi *nozzle* dapat memengaruhi hasil *bead* yang dihasilkan pada proses *dispensing sealant* (Nowlan dkk., 2002).

Pada proses aplikasi *sealant* menggunakan sistem robotik, kualitas *bead* dipengaruhi oleh berbagai parameter proses, seperti tekanan valve, kecepatan pompa atau gerakan benda kerja, diameter *nozzle*, serta posisi *nozzle* terhadap permukaan benda kerja yang meliputi ketinggian, jarak, dan sudut. Penelitian tersebut menggunakan serangkaian pengujian eksperimen untuk menentukan parameter *dispensing* yang menghasilkan *bead sealant* yang seragam dan konsisten. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaturan tekanan suplai *sealant*, kecepatan gerak *nozzle*, dan jarak *nozzle* terhadap target berperan dalam menentukan ukuran *bead* yang dihasilkan (Erbil & Hill, 2017). Dari penelitian yang sudah pernah dilakukan pada aplikasi *sealant* menerangkan bagaimana parameter seperti tekanan, diameter *nozzle*, angle ataupun jarak *nozzle* serta kecepatan gerak *nozzle* memiliki

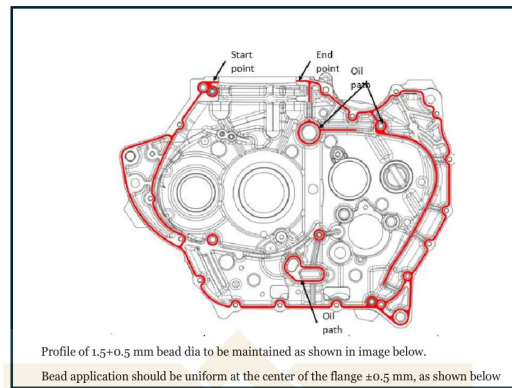
pengaruh terhadap hasil diameter *bead sealant* sehingga faktor faktor tersebut dapat digunakan sebagai parameter penelitian.

Dalam *Material Safety Data Sheet* (MSDS) ataupun *Safety Data Sheet* (SDS) tiap material *sealant* tidak memberikan *pettern* untuk melakukan aplikasi *sealant* pada *engine block* untuk mendapatkan diameter yang diinginkan. Sehingga para teknisi dalam pencarian kombinasi *parameter* yang tepat untuk menghasilkan diameter *sealant* sangatlah susah dan memakan waktu yang cukup panjang. Teknisi membutuhkan *Pattern* sebagai dasar atau refrensi ketika akan melakukan setting mesin aplikator *sealant* FIPG untuk mempersingkat waktu dan tidak terlalu banyak membuang material dalam uji coba mesin baru. Oleh Karena itu proses *setting* awal mesin aplikasi *sealant* FPIG menggunakan robotik merupakan tahapan kritis.

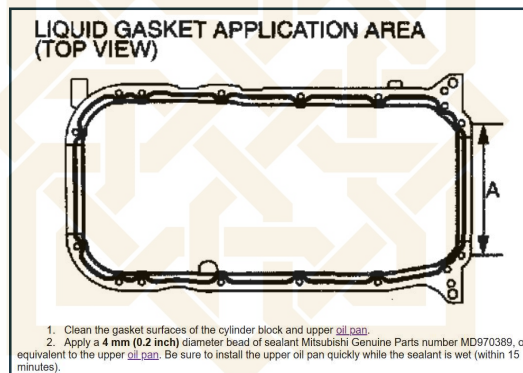
Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa teknisi yang memiliki pengalaman dalam pengujian awal mesin *sealant* FIPG robotik, proses ini dapat berlangsung selama 1–2 hari untuk mencapai kualitas yang sesuai pada satu model *engine block*. Pada tahap awal tersebut, tingkat kegagalan proses masih sangat tinggi dan berpotensi menyebabkan pemborosan material. Jika material yang digunakan dalam aplikasi di sebuah *part engine block* banyak, maka material juga akan terbuang banyak, karena harus melakukan pengujian penuh satu jalur dalam *engine block*, pemborosan waktu dan material juga akan berpotensi lebih besar ketika dalam satu jalur aplikasi memiliki perbedaan diameter. Tingkat kegagalan ini dipengaruhi oleh ketidaksesuaian diameter *sealant* serta ketidaktepatan jalur aplikasi *sealant* yang harus mengikuti kontur permukaan *engine block* secara presisi. Dengan adanya *Pattern* untuk *setting* awal mesin *sealant* FIPG robotik akan memudahkan pada awal uji coba mesin *sealant* FIPG robotik.

Pada industri otomotif yang ada di Indonesia, data penjualan kendaraan roda dua di Indonesia mencapai 6.412.769 unit pada tahun 2025 (Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia, 2025), Sedangkan penjualan kendaraan roda empat tercatat sebesar 803.687 unit (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia, 2025). Untuk tingkat produksi *engine* roda dua pada satu line produksi adalah 1100 – 1200 unit setiap shift sedangkan satu hari bisa mencapai 2200 untuk kebutuhan pasar lokal maupun ekspor. Sementara pada line produksi roda empat adalah 450 – 900 unit tiap satu shift. Jadi dengan tingkat produksi pada roda dua yang lebih banyak, penelitian akan difokuskan pada jenis *sealant* FIPG yang sering digunakan pada kendaraan roda dua. Selain kekentalan material diameter *sealant* yang digunakan pada *engine block* roda dua lebih kecil dibandingkan diameter *sealant* pada *engine block* roda empat, penggunaan diameter lebih kecil meminimalkan konsumsi bahan penelitian dan biaya penelitian.

Pada aplikasi *sealant* pada kendaraan roda dua diameter *sealant* yang digunakan adalah $1,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ menggunakan material Loctite 5699 dengan kekentalan $75 \sim 80 \text{ Pa.s}$ (Royald enfield, 2020), sedangkan pada kendaraan roda empat diameter *sealant* adalah 4 mm dan menggunakan material *sealant* Mitsubishi *Genuine Parts number* MD970389 kekentalan material tersebut sama dengan material US-SP-17097 yaitu 500.000 cps setara dengan 500 Pa.s (Charm, 2013). Perbedaan diameter *sealant* dapat dilihat pada gambar 1.4. dan 1.5. di bawah ini:



Gambar 1. 4 Jalur Dan Standar *Bead Sealant* Roda Dua
Sumber : (Royald enfield, 2020)



Gambar 1. 5 Jalur Dan Standar *Bead Sealant* Roda Empat
Gambar 1.5 Jalur Dan Standar *Bead Sealant* Roda Empat
Sumber : <https://charm.li/Mitsubishi/2001/Montero>

Sealant yang digunakan pada penelitian ini adalah kekentalan 75 Pa.s dengan pertimbangan data penjualan kendaraan roda dua lebih banyak daripada kendaraan roda empat, sehingga hasil penelitian dapat diaplikasikan oleh lebih banyak teknisi mesin aplikasi *sealant* FIPG. Untuk target diameter adalah $1,43 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ diameter ini menyesuaikan diameter dalam *nozzle* SNA-15G-B (MUSASHI, 2022) yang memiliki diameter mendekati standar diameter *sealant* kendaraan roda dua. Sedangkan faktor penentu diameter *sealant* lainnya seperti tekanan pada penelitian dipilih mengikuti standar dari mesin pompa yang digunakan dalam penelitian, adapun *range* pada *manual book* pompa yang akan digunakan maksimal pada angka 0.7 Mpa. (Application Equipment Products Guide, 2018). Mengacu pada penelitian yang menerangkan tekanan operasi pompa, tekanan merupakan

parameter penting yang berhubungan dengan beban mekanis pada komponen pompa, dan peningkatan tekanan dapat meningkatkan kondisi pembebanan serta memengaruhi umur kerja komponen (Salifou Adam dkk., 2023). Sehingga untuk menjaga kesetabilan agar tidak terjadi penurunan tekanan pada saat pompa digunakan dan keawetan pada peralatan, maka dalam penelitian ini menggunakan 50% dari tekanan yang diijinkan oleh *manual book* pompa material *sealant*, sehingga berada pada parameter yang aman. Kecepatan robot juga dibatasi pada maksimal 100 mm/s selain faktor keamanan untuk equipment juga dari hasil ujicoba sebelum dilakukan penelitian pada kecepatan 100 mm/s sudah menghasilkan diameter *sealant* yang sangat kecil, dimana faktor ini akan bisa dilakukan perubahan mengikuti kebutuhan *cycle time* produksi. Pada penentuan jarak *nozzle* juga ditentukan pada maksimal 2 mm karena target diameter pada penelitian adalah 1,43.

Adapun metode yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan parameter-parameter tersebut salah satunya adalah metode Taguchi. *Design of Experiments* (DOE) yaitu metode yang dirancang guna meningkatkan kualitas produk dan proses dengan meminimalkan variasi. Dengan jumlah eksperimen yang relatif sedikit dari metode konvensional, metode ini memungkinkan memberikan identifikasi kombinasi parameter terbaik, serta mampu menunjukkan pengaruh masing-masing faktor terhadap output proses (Krishnaian & Shahabudeen, 2012). Dengan metode Taguchi dapat mempersingkat waktu uji coba dengan meminimalkan variasi eksperimen sehingga dapat mengurangi material dan waktu yang terbuang jika eksperimen semakin sedikit. Dalam penelitian ini penulis juga ingin meneliti kesetabilan mesin terhadap perubahan waktu dan perubahan pada *nozzle* sebagai

salah satu part dalam aplikator mesin *sealant* FIPG robotik, sehingga diperlukan adanya metode lanjutan untuk pengujiannya.

Untuk melakukan penelitian kesetabilan mesin maka digunakan metode Analisa Kapabilitas Proses untuk mengambil data kapabilitas proses pada otomasi robotika aplikasi *sealant* tersebut. Apakah mesin *sealant* FIPG robotik tersebut memang kapabel untuk melakukan produksi dengan perubahan waktu, part aplikator serta tentunya perubahan operator dikarenakan mesin akan berproduksi dalam waktu 24 jam dan mengalami pergantian operator. Maka dengan Analisis Kapabilitas Proses (AKP) dapat menentukan apakah suatu proses mampu menghasilkan produk dalam batas toleransi yang ditetapkan, dengan mempertimbangkan variabilitas jangka pendek dan jangka panjang (Kwilinski & Kardas, 2023).

Penelitian tentang *sealant* FIPG sangat penting bagi praktisi lapangan industri otomotif, terlebih untuk *engineer* yang berhubungan langsung ke pengaplikasian *sealant*, namun penelitian mengenai *sealant* FIPG masih sedikit terutama pembahasan tentang diameter *bead sealant*, padahal diameter *bead sealant* ini selalu menjadi acuan kualitas pada perakitan *engine block*. Penelitian ini ingin mengetahui parameter terbaik yang paling mendekati diameter *nozzle* dan melihat kemampuan mesin menghasilkan produk yang stabil dalam variabilitas jangka waktu dengan toleransi yang sudah ditetapkan, dari uraian tersebut dapat diambil sebuah penelitian dengan judul “Optimasi Proses Aplikasi Mesin Robotik *sealant* Untuk Meningkatkan Kualitas Diameter Jalur Menggunakan Metode Taguchi Dan Analisis Kapabilitas Proses”.

1.2. Pertanyaan Penelitian

Penelitian ini menjabarkan rumusan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Berapa persen pengaruh dari setiap faktor parameter tekanan angin, kecepatan robot, dan ketinggian *nozzle* terhadap diameter *bead sealant* pada proses aplikasi robotic *sealant* menggunakan metode Taguchi?
2. Seperti apa kombinasi parameter proses yang optimum untuk menghasilkan diameter *bead sealant* yang memenuhi target nominal $1,43 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ dengan variasi proses yang minimum?
3. Berapa nilai kapabilitas proses (C_p dan C_{pk}) aplikasi *robotic sealant* pada kondisi parameter optimum terhadap variasi akibat pergantian *nozzle* dan rentang waktu produksi?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu, sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi besarnya pengaruh parameter tekanan angin, ketinggian *nozzle*, dan kecepatan robot terhadap diameter *bead sealant* pada proses aplikasi robotic *sealant*.
2. Menentukan kombinasi parameter tekanan angin, kecepatan robot, dan ketinggian *nozzle* yang optimum untuk menghasilkan diameter *bead sealant* yang memenuhi target nominal $1,43 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ dengan variasi proses yang minimum.
3. Menganalisis kapabilitas proses aplikasi robotic *sealant* pada kondisi parameter optimum terhadap variasi yang disebabkan oleh pergantian *nozzle* dan rentang waktu produksi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini ingin memberikan manfaat penilitain yang diperoleh dari hasil uji coba variasi dalam *sealant* aplikasi yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan mengenai pengaruh parameter tekanan angin, ketinggian *nozzle*, dan kecepatan robot terhadap kualitas aplikasi *sealant*.
2. Memberikan acuan parameter optimal sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dalam proses setting mesin robotic *sealant*.
3. Memberikan bukti bahwa proses aplikasi *sealant* menggunakan mesin robotic *sealant* memiliki kapabilitas proses yang baik meskipun adanya pergantian part *nozzle* dan dilakukan dalam waktu produksi yang Panjang.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini dibatasi dengan hal hal berikut ini, yaitu:

1. Viskositas material *sealant* yang digunakan sebesar 75 Pa.s.
2. Variasi kecepatan robot yang digunakan adalah 50 mm/s, 75 mm/s, dan 100 mm/s.
3. Variasi jarak *nozzle* terhadap permukaan part adalah 1 mm, 1,5 mm, dan 2 mm.
4. Variasi tekanan pada pump *sealant* adalah 0,1 MPa, 0,2 MPa, dan 0,3 MPa.
5. *Nozzle* yang digunakan adalah tipe SNA-15G dengan diameter dalam 1,43 mm.
6. Target nominal diameter *bead sealant* adalah 1,43 mm dengan rentang spesifikasi $\pm 0,5$ mm.

1.6. Sistematika Penulisan

Ada lima bab dalam sistematika penulisan penelitian ini, bab ke satu berisi pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan, manfaat dan membatasi penelitian juga sistematika penulisan. Bab pertama penelitian ini memberikan penjelasan tentang masalah yang terjadi pada proses *sealant* application yang mana sangat menghabiskan waktu, ketika melakukan trial tiap adanya perubahan dimensi *sealant*, dan perbedaan viskositas *sealant*.

Berikutnya pada bab ke dua berisi tentang penelitian terdahulu, serta landasan teori yang berupa referensi sebagai pendukung mengenai variasi model penelitian, dengan menggunakan Metode Taguchi untuk mencari parameter terbaik dan menambahkan analisa kapabilitas proses, untuk mengetahui apakah parameter dan proses tersebut kapabel terhadap perubahan part dan variabilitas waktu. Referensi didapatkan dari literatur dan jurnal.

Selanjutnya pada bab ke tiga berisi metodologi penelitian yang menerangkan bagaimana cara pengambilan data dengan melakukan percobaan menggunakan variasi tekanan udara pada pompa, variasi kecepatan robot, jarak *nozzle* dengan permukaan part, dengan menggunakan viskositas material 75 Pa.s. Perbedaan variasi-variasi tersebut dimaksudkan untuk menjadi pembeda untuk mencari hasil diameter yang paling mendekati diameter *nozzle* dalam penelitian. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode Taguchi sebagai pencari parameter terbaik dari variasi-variasi tersebut dan menggunakan analisa kapabilitas

proses untuk mengetahui kapabilitas proses dari variasi terbaik yang telah didapatkan dari metode Taguchi.

Pada bab ke empat mengenai hasil penelitian dan pembahasan, yang dijelaskan dari hasil uji coba menggunakan metode Taguchi pada variasi jarak *nozzle* dengan part, kecepatan robot, tekanan udara pada pump dengan viskositas material 75 Pa.s kemudian data variasi terbaik akan diuji coba dan dianalisa kapabilitas prosesnya.

Selanjutnya pada bab ke lima yang didapatkan sebuah Kesimpulan, dari hasil uji coba dalam penelitian dan memberikan kesimpulan dan saran sebagai perbaikan ataupun ide penelitian selanjutnya terkait sistem aplikasi *sealant* robotika yang dapat dikembangkan dengan variable lain ataupun penggunaan material selain *sealant*.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh parameter proses mesin automasi robotik *sealant* terhadap kualitas diameter *bead sealant* menggunakan metode Taguchi dan analisa kapabilitas proses, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter tekanan angin, kecepatan robot, dan ketinggian *nozzle* mempengaruhi kualitas diameter *bead sealant* yang dihasilkan pada proses aplikasi robotic *sealant* menggunakan *nozzle* SNA-15G berdiameter dalam 1,43 mm dengan viskositas material sebesar 75 Pa.s. Berdasarkan analisis *Signal-to-Noise* Ratio (S/N Ratio), faktor tekanan merupakan faktor yang paling dominan dengan nilai delta sebesar 12,047, diikuti oleh ketinggian *nozzle* sebesar 7,641, dan kecepatan robot sebesar 7,101. Sementara itu, berdasarkan analisis means, tekanan juga menjadi faktor yang paling dominan dengan nilai delta sebesar 3,765, diikuti oleh kecepatan robot sebesar 1,400, sedangkan ketinggian *nozzle* memiliki pengaruh paling kecil dengan nilai delta sebesar 0,325. Hasil ANOVA menunjukkan faktor tekanan memiliki kontribusi sebesar 53,48% terbesar dengan nilai Adj SS sebesar 273,69, pada faktor kecepatan kontribusi sebesar 15,22% nilai Adj SS sebesar 77.90, faktor ketinggian kontribusi sebesar 18.09% nilai Adj SS sebesar 92.59. F-Value sebesar 4,05, dan P-Value sebesar 0,198, sedangkan 13,20% merupakan variasi error dari ANOVA. Faktor tekanan merupakan faktor yang paling dominan F-Value terbesar dibandingkan faktor lainnya,

meskipun seluruh faktor memiliki nilai P-Value > 0,05, sehingga secara statistik belum menunjukkan pengaruh yang signifikan. Analisis interaksi antar faktor juga menunjukkan adanya kecenderungan interaksi, terutama antara tekanan dengan kecepatan robot serta kecepatan robot dengan ketinggian *nozzle*, sehingga pengaruh suatu faktor dipengaruhi oleh tingkat faktor lainnya

2. Kombinasi parameter proses optimum yang diperoleh dengan metode Taguchi adalah tekanan 0,1 MPa, kecepatan robot 100 mm/s, dan ketinggian *nozzle* 2 mm. Kombinasi tersebut menghasilkan nilai prediksi *Signal-to-Noise* Ratio sebesar 23,5566, yang menunjukkan tingkat kestabilan proses tertinggi dengan variasi minimum, serta menghasilkan nilai prediksi rata-rata (mean) sebesar 1,11847 mm. Meskipun nilai tersebut belum tepat berada pada target nominal, hasilnya masih berada dalam rentang spesifikasi yang ditetapkan sehingga kombinasi parameter tersebut dapat dijadikan acuan dalam proses penyetelan (setting) mesin robotic *sealant* untuk memperoleh proses aplikasi yang stabil dan konsisten.
3. Hasil analisis kapabilitas proses pada kombinasi parameter optimum menunjukkan bahwa proses aplikasi *sealant* menggunakan mesin robotic *sealant* memiliki kemampuan proses yang sangat baik. Nilai Cp sebesar 3,95 dan Cpk sebesar 2,28 menunjukkan bahwa variasi proses jauh lebih kecil dibandingkan batas spesifikasi serta proses mampu menghasilkan produk yang memenuhi standar kualitas. Selain itu, diperoleh nilai Pp sebesar 4,06 dan Ppk sebesar 2,34, yang menunjukkan bahwa performa proses tetap konsisten dalam jangka panjang. Nilai PPM di bawah maupun

di atas batas spesifikasi sebesar 0,00 mengindikasikan bahwa tidak ditemukan produk di luar spesifikasi selama pengujian. Dengan demikian, proses aplikasi robotic *sealant* dapat dikategorikan sebagai high capability process, sehingga layak diterapkan dalam proses produksi secara berkelanjutan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian maupun penerapan di industri, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah level parameter yang lebih banyak sehingga pengaruh masing-masing faktor terhadap kualitas diameter *bead sealant* dapat diamati secara lebih rinci. Selain itu, dapat ditambahkan variabel proses lain seperti temperatur material, temperatur lingkungan, tekanan pompa, jenis dan diameter *nozzle*, serta variasi viskositas material *sealant*.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis robot industri maupun sistem dispensing yang berbeda, pada viskositas material yang berbeda, serta menerapkan vision inspection atau sistem pengukuran otomatis untuk memperoleh data diameter *bead sealant* secara real-time dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.
3. Optimasi parameter proses dapat dikembangkan dengan mengombinasikan metode Taguchi dengan metode optimasi lain, seperti Response Surface Methodology (RSM), Artificial Neural Network (ANN), atau pendekatan machine learning, sehingga diperoleh model prediksi dan optimasi parameter yang lebih akurat.

4. Analisis kapabilitas proses dapat dikembangkan dengan pengambilan data pada periode produksi yang lebih panjang, melibatkan pergantian operator, pergantian shift, serta variasi kondisi lingkungan produksi agar diperoleh gambaran kemampuan proses yang lebih representatif terhadap kondisi produksi sebenarnya.
5. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan awal dalam menentukan parameter proses pada mesin robotic *sealant*, sehingga mampu mengurangi waktu trial and error, mempercepat proses setting mesin, meningkatkan konsistensi kualitas *bead sealant*, serta meningkatkan efisiensi penggunaan material *sealant* pada proses produksi.
6. Penelitian berikutnya dapat menggunakan jenis robot industri dengan spesifikasi berbeda atau menggunakan sistem vision inspection otomatis untuk meningkatkan akurasi pengukuran diameter *bead sealant* secara real-time.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Ramadhan, Sairul Effendi, & Almadora Anwar Sani. (2025). *OPTIMALISASI NILAI AKURASI PEMOTONGAN AKRILIK BERWARNA MENGGUNAKAN CNC LASER CUTTING DIODA 15 WATT*.
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.15234349>
- Adhesive Discharging Valve*. (2021). (Original work published Threebond)
- Application Equipment Products Guide. (2018). *TB Manual Book*.
- Bhat, R., Karuppasamy, M., Maragatharajan, M., Haldorai, A., Nirmala, E., & Naik, N. (2025). Optimization of robotic spray painting trajectories using machine learning for improved surface quality. *Scientific Reports*, 15(1), 18767. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03448-z>
- Burkus, II, F. S., Saidman, L. B., & Varga, L. J. (2012). *METHOD FOR DISPENSING A VISCOUS MATERIAL* (Patent No. US 8,255,088 B2).
- Chen, K.-S., Yu, C.-M., Lin, J.-S., Huang, T.-H., & Zhong, Y.-S. (2024). Fuzzy Radar Evaluation Chart for Improving Machining Quality of Components. *Mathematics*, 12(5), 732. <https://doi.org/10.3390/math12050732>
- Cheng, H., Li, X., Ma, G., Shi, X., & Yang, Z. (2024). Fatigue life and fatigue reliability mechanism of ball bearings. *Journal of Mechanics*, 40, 79–92.
<https://doi.org/10.1093/jom/ufae006>
- Chidhambara, K. V., Latha Shankar, B., & Vijaykumar. (2018). Optimization of Robotic Spray Painting process Parameters using Taguchi Method. *IOP*

Conference Series: Materials Science and Engineering, 310, 012108.

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/310/1/012108>

Erbil, A. M., & Hill, O. (2017). *Sealant Process Model for Evaluating Robot Systems in Aerospace Industry*.

Fundamentals-of-Modern-Manufacturing-Materials-Processes-and-Systems-Mikell-P.-Groover-Edisi-5-2012. (t.t.).

Ginting, A. F. (2024). *Pengaruh Otomatisasi dan Robotik terhadap Produktivitas di Sektor Manufaktur*.

Graco Inc. (t.t.).

Haman, D. Z. (2017). *Pumps for Florida Irrigation and Drainage Systems*.

High-viscosity Material Compatibal Cartridge Pump. (2021). Threebond.

Hisam, M. W., Dar, A. A., Elrasheed, M. O., Khan, M. S., Gera, R., & Azad, I.

(2024). The Versatility of the Taguchi Method: Optimizing Experiments Across Diverse Disciplines. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 23(4), 365–389. <https://doi.org/10.1007/s44199-024-00093-9>

Ibarra-Pérez, T., Ortiz-Rodríguez, J. M., Olivera-Domingo, F., Guerrero-Osuna,

H. A., Gamboa-Rosales, H., & Martínez-Blanco, Ma. D. R. (2022). A

Novel Inverse Kinematic Solution of a Six-DOF Robot Using Neural

Networks Based on the Taguchi Optimization Technique. *Applied Sciences*, 12(19), 9512. <https://doi.org/10.3390/app12199512>

Isaic-Maniu, A., Dragan, I.-M., Grigore, A.-M., & Constantin, F. (2023). Taguchi

Risk and Process Capability. *Risks*, 11(10), 178.

<https://doi.org/10.3390/risks11100178>

- Jamaludin, J., Sharif, S., & Ahmad, A. H. (2025). Optimizing Process Parameters in Direct Laser Metal Deposition of Ti-6Al-4V for Single-Layer Track Formation: Influence on Deposition Geometry. *Jurnal Kejuruteraan*, 37(6), 3023–3033. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2025-37\(6\)-36](https://doi.org/10.17576/jkukm-2025-37(6)-36)
- Janome Sewing Machine Co., Ltd. (2009). *Janome Manual Book*.
- Krishnaian, K., & Shahabudeen, P. (2012). *Applied design of experiments and taguchi methods*. PHI Learning Private Limited.
- Kwilinski, A., & Kardas, M. (2023). Enhancing Process Stability and Quality Management: A Comprehensive Analysis of Process Capability Indices. *Virtual Economics*, 6(4), 73–92. [https://doi.org/10.34021/ve.2023.06.04\(5\)](https://doi.org/10.34021/ve.2023.06.04(5))
- Lawong, A., Nampromma, S., Sudsuansee, T., & Sergsiri, S. (2025). Multi-Response Optimization of Robotic Welding Parameters Using a Taguchi-Based Random Forest Model for Dissimilar Joining Materials. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(5), 27237–27243. <https://doi.org/10.48084/etasr.12124>
- Lee, S.-G. (2022). Vocabulary standard for robotics in ISO. *Value-Sharing between Humans and Robots*, 184–190. <https://doi.org/10.13180/icres.2022.18-19.07.025>
- Maulidia, P. R., Adriantantri, E., & Budiharti, N. (2020). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI PADA UMKM RUBBER SEAL RM PRODUCTS GENUINE PARTS SUKUN, MALANG. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(2), 82–91. <https://doi.org/10.36040/industri.v10i2.2823>

- Michael, M., & Labossiere, P. (2013). *CRV7 Semi-Automated Sealant Application System Design* (ENGINEERING DESIGN MECH 4860). university of manitoba.
<https://mspace.lib.umanitoba.ca/server/api/core/bitstreams/f8f23d44-13ec-4ebc-bc38-668c1d363b36/content>
- MUSASHI, E. (2022). Nozzles & Needles. Dalam *Dispenser Accessories Quick Reference* (22 ed.).
- Nowlan, M. J., Murach, J. M., Sutherland, S. F., Miller, D. C., Moore, S. B., & Hogan, S. J. (2002). *Post-Lamination Manufacturing Process Automation for Photovoltaic Modules: Final Subcontract Report, April 1998 - April 2002* (NREL/SR-520-32943, 15002485; hlm. NREL/SR-520-32943, 15002485). <https://doi.org/10.2172/15002485>
- Polhemus, N. W. (2018a). *Process Capability Analysis: Estimating Quality*.
- Polhemus, N. W. (2018b). *Process Capability Analysis: Estimating Quality*.
- Pramudita, R., Putra Ramadhan, M. A., Ashari, M. R., Nafisa, R. A., & Rahmawati, D. N. (2024). Analisis Dampak Otomasi Industri terhadap Efisiensi Operasional dan Optimasi Konsumsi Energi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 11(1).
<https://doi.org/10.33197/jitter.vol11.iss1.2024.2411>
- Prescott, B. (2006). *Accuracy Improvements for the Dispensing Operation*.
- Royald enfield. (2020). *Technical Support—Service*. SOP No: 2.
- Ruswanto, T. P. & Hernadewita. (2015). A CASE STUDY TO KNOW THE ACCEPTANCE MEASUREMENT SYSTEM AND PROCESS CAPABILITY USING STATISTICAL PROCESS CONTROL IN

MANUFACTURING INDUSTRY. *EPH - International Journal of Business & Management Science*, 1(4), 1–10.

<https://doi.org/10.53555/eijbms.v1i4.42>

Salifou Adam, A., Mrad, H., Marouani, H., & Fouad, Y. (2023). Experimental and

Numerical Investigation on High-Pressure Centrifugal Pumps: Ultimate

Pressure Formulation, Fatigue Life Assessment and Topological

Optimization of Discharge Section. *Computer Modeling in Engineering &*

Sciences, 137(3), 2845–2865. <https://doi.org/10.32604/cmes.2023.030777>

Schmider, E., Ziegler, M., Danay, E., Beyer, L., & Bühner, M. (2010).

Reinvestigating the Robustness of ANOVA Against Violations of the

Normal Distribution Assumption. 6.

Simader, C., Hörl, L., & Haas, W. (2012). The development of design guidelines

for the application of formed-in-place gaskets. *Sealing Technology*,

2012(5), 7–11. [https://doi.org/10.1016/S1350-4789\(12\)70138-1](https://doi.org/10.1016/S1350-4789(12)70138-1)

Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y. (2005). *Taguchi's quality engineering*

handbook. John Wiley & Sons ASI Consulting Group.

<https://doi.org/10.1002/9780470258354>

Tahiduzzaman, M., Ghosh, A. K., & Ura, S. (2025). *Manufacturing Process*

Optimization Using Open Data and Different Analyses Methods.

Engineering. <https://doi.org/10.20944/preprints202502.1516.v1>

Tannady & Sisilia R.S. (2017). PROCESS CAPABILITY ANALYSIS PADA

NUT (STUDI KASUS: PT SANKEI DHARMA INDONESIA). *J@ti*

Undip : Jurnal Teknik Industri, 12(2), 137.

<https://doi.org/10.14710/jati.12.2.137-142>

TB Technical News. (2015).

TB1215_Technical Data. (t.t.).

Tubes and Hoses. (2021). (Original work published Threebond)

Venrian & Yanto, A. (2025). *Analisis Kapabilitas Proses pada Mesin Dryer di Industri Pulp dan Kertas untuk Menghasilkan Produk Sesuai Kualitas yang Ditetapkan*.

Wang, Z., Lei, Y., Wu, Z., Wu, J., Zhang, M., & Liao, R. (2023). Structure Size Optimization and Internal Flow Field Analysis of a New Jet Pump Based on the Taguchi Method and Numerical Simulation. *Processes*, 11(2), 341. <https://doi.org/10.3390/pr11020341>

Wilson Barros De, C., Álvaro Azevedo, C., University of Taubate, Department of Mechanical Engineering, Graduate Specialization on Aeronautics Engineering., & University of Taubate, Department of Mechanical Engineering, Graduate Specialization on Aeronautics Engineering. (2018). FRACTIONAL FACTORIAL DOE PLANNING TO REDUCE INTERNAL REJECTIONS ON LEAK TEST OF A COMBUSTION ENGINE PRODUCTION LINE. *Engineering Research: Technical Reports*, 9(5), 1–28. <https://doi.org/10.32426/engresv9n5-001>