



UNIVERSITAS
KRISTEN
MARANATHA

Fakultas Teknik
Program Sarjana
Teknik Industri

ISSN 2809-1825

AHM
PT Astra Honda Motor

SEMINAR NASIONAL TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI DAN CALL FOR PAPER (SENTEKMI 2021)

“Industrial Engineering for Sustainability”

11 November 2021

UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

PROSIDING



Volume: 1 | Nomor: 1

Susunan Panitia Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri dan *Call for Paper* (SENTEKMI 2021)

Pelindung	:	Rektor Universitas Kristen Maranatha Prof. Ir. Sri Widiyantoro, M.Sc., Ph.D., IPU
Penanggung Jawab	:	Ketua Program Sarjana Teknik Industri Christina, S.T., M.T.
Ketua Panitia	:	Melina Hermawan, S.T., M.T.
Sekretaris dan Bendahara	:	Vivi Arisandhy, S.T., M.T.
Sie Acara	:	Dr. Ir. Christina Wirawan, M.T. Elty Sarvia, S.T., M.T.
Sie Prosiding	:	Rainisa Maini Heryanto, S.T., M.T.
Panitia Mahasiswa	:	Cristy Caroline Grace Vania Kezia Orvala Yaputri Meilena Kristianti Stevani Tatinting Theodore Setiawan Widjaya Yeremia Timotius Zukhruf Ramadhani

<i>Reviewer</i>	:	
Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.		Universitas Katolik Parahyangan
Christina, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Dr. Ir. Christina Wirawan, M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Cindrawaty Lesmana, Ph.D.		Universitas Kristen Maranatha
David Try Liputra, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Doro Edi, S.T., M.Kom.		Universitas Kristen Maranatha
Elty Sarvia, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Dr. Erwani Merry Sartika, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Ida Lumintu, S.T., M.T., Ph.D.		Universitas Trunojoyo Madura
Dr. Indah Victoria Sandroto, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Jimmy Gozaly, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Ir. Kartika Suhada, M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Luciana Triani Dewi, S.T., M.T.		Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Melina Hermawan, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Merry Siska, S.T., M.T.		UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Nataya Charoonsri Rizani, S.T., M.T.		Institut Sains dan Teknologi Nasional
Nuraida Wahyuni, S.T., M.T.		Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Novi, S.T., M.T.		Universitas Kristen Maranatha
Purnomo Yustianto, S.T., M.T., Ph.D.		Universitas Langlang Buana
Dr. Ir. Roland Y.H. Silitonga, M.T.		Institut Teknologi Harapan Bangsa

Ir. Rudy Wawolumaja, M.Sc(Eng).	Universitas Kristen Maranatha
Santoso, S.T., M.T.	Universitas Kristen Maranatha
Sunday A. Theophilus Noya, S.T., M.ProcMgmt.	Universitas Ma Chung
Dr. Thedy Yogasara, S.T., M.EngSc.	Universitas Katolik Parahyangan
Teguh Oktiarso, S.T., M.T.	Universitas Ma Chung
Vivi Arisandhy, S.T., M.T.	Universitas Kristen Maranatha
Ir. Wawan Yudiantyo, M.T.	Universitas Kristen Maranatha
Winarno, S.T., M.T.	Universitas Singaperbangsa Karawang
Winda Halim, S.T., M.T.	Universitas Kristen Maranatha
Yenni M. Djajalaksana, S.E., M.B.A, Ph.D.	Universitas Kristen Maranatha
Yulianti, S.T., M.T.	Universitas Kristen Maranatha
Yusraini Muharni, S.T., M.T.	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Daftar Isi

Prosiding Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri dan <i>Call for Paper</i> (SENTEKMI 2021).....	i
Susunan Panitia Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri dan <i>Call for Paper</i> (SENTEKMI 2021).....	ii
Kata Sambutan Rektor Universitas Kristen Maranatha	iv
Kata Sambutan Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha.....	v
Kata Sambutan Ketua Panitia Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri dan <i>Call for Paper</i> (SENTEKMI 2021)	vi
Susunan Acara.....	vii
Daftar Isi	viii
Penentuan Komposisi Hidroksiapatit-Alginat-Zinc terhadap Kuat Tekan <i>Bone Scaffold</i> dengan Metode Taguchi.....	1
Analisis Persediaan Bahan Baku pada UKM Kerupuk Subur Menggunakan Metode ABC dan Metode <i>Lot Sizing</i>	9
Simulasi Sistem Rantai Pasokan Studi Kasus Produk Telepon di PT XYZ dengan ProModel.....	17
Analisis Pengendalian Kualitas Kain Oxford Lebar (TR30/TR16 124 44 62) Menggunakan <i>Software R</i> dengan Metode <i>Statistical Process Control</i> pada Produksi <i>Line 1</i> (Studi Kasus: PT Sari Warna Asli Unit 1, Karanganyar)	24
Peningkatan Kualitas Kuat Tekan Produk <i>Scaffold</i> Hidroksiapatit (Ha)-Gelatin-Polivinil Alkohol (PVA) Menggunakan Metode Taguchi.....	32
Optimasi Biaya Pengadaan dan Persediaan Sapi pada RPH Z Menggunakan Metode <i>Economic Order Quantity</i> (EOQ).....	39
Perbaikan Lintasan Produksi untuk Meningkatkan Efisiensi dengan Menghilangkan <i>Bottleneck</i> dan Penyeimbangan Lintasan pada Divisi <i>Sewing</i>	47
Usulan Perbaikan Lintasan Produksi Minyak Herba Sinergi Menggunakan <i>Value Stream Mapping</i> (Studi Kasus: PT Herba Emas Wahidatama).....	55
Identifikasi Penyebab dan Analisis Risiko Kegagalan Proses Produksi <i>Geomembrane</i> Pabrik Plastik Menggunakan Pendekatan FMEA	66
Analisis Pengendalian Kualitas Air dengan Menggunakan Peta Kendali X dan Peta Kendali R pada PDAM Way Rilau Bandar Lampung	73
Pengembangan Model Persediaan <i>Economic Order Quantity</i> dengan Mempertimbangkan Faktor Kedaluwarsa, Kelonggaran Waktu Pembayaran, dan Potongan Harga.....	82
Analisis Beban Kerja dan Perhitungan Waktu Baku dengan Metode <i>Stopwatch Time Study</i> pada Operator SPBU XYZ.....	90
Usulan Perbaikan dan Perancangan Ulang <i>Food Truck</i> Berdasarkan Metode Kano dan Ditinjau dari Segi Ergonomi	103
Optimalisasi Kebutuhan <i>Manpower</i> pada Pekerjaan Sistem Perpipaan Kapal <i>Harbour Tug</i> 3200 Hp Menggunakan Metode <i>Full Time Equivalent</i>	113
Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja Optimal dengan Metode <i>Work Load Analysis</i> (WLA) pada <i>Extruder Technician I</i> di Departemen Produksi.....	120

Usulan Perbaikan Postur Tubuh & Perancangan Alat <i>Material Handling</i> untuk Petugas Pengantar Air Galon dengan Metode OWAS, REBA & LI-NIOSH (Studi Kasus: PT Z – Depok, Meruyung).....	128
Analisa Pengukuran Mandibula Menggunakan Metode Fotogrametri.....	136
Penentuan Beban dan Tinggi Rak yang Optimal terhadap Kebutuhan Energi Pekerja pada Area Penyimpanan di Mini Market X.....	144
Perancangan Tempat Cuci Tangan Otomatis Bagi Siswa Sekolah Dasar	152
Analisis Perbaikan Postur Kerja dengan <i>Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires</i> (CMDQ) dan Metode <i>Rapid Entire Body Assesment</i> (REBA) Beban Fisik Pekerja Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Mlowo, Cs Nguter Sukoharjo).....	160
Kajian Pengaruh <i>Heat Stress</i> terhadap Beban Kerja Fisik Berat pada Kegiatan Lapangan	167
Perancangan Mesin Pengaduk dan Pencetak Amplang untuk Memenuhi Kebutuhan UMKM Amplang di Kalimantan Timur	175
Analisis dan Usulan Bauran Pemasaran Menggunakan <i>Multiple Regression Analysis</i> dan <i>Importance Performance Analysis</i> untuk Meningkatkan Loyalitas Konsumen	183
Pengelompokan Kabupaten/Kota di Indonesia Berdasarkan Informasi Kemiskinan Tahun 2020 Menggunakan Metode <i>K-Means Clustering Analysis</i>	190
Analisis Faktor Penggunaan Dompot Digital Studi Kasus di Kota Surabaya.....	200
Penerapan Sistem Informasi Data TPM yang Terpusat Menggunakan Media Interaktif.....	207
Usulan Perancangan Sistem Informasi Penjualan, Pengendalian Barang, dan Penyimpanan Data pada Toko XYZ (Studi Kasus Di Toko XYZ, Lahat, Sumatera Selatan).....	213
Pemanfaatan Algoritma <i>Machine Learning</i> untuk Segmentasi Pelanggan Berbasis Data Konsumsi Listrik di PT PLN XYZ	222
Analisis Efektivitas Tenaga Kerja Dimasa <i>New Normal</i> pada Departemen <i>Finishing</i> Menggunakan <i>Overall Labor Effectiveness</i> (OLE) (PT Iskandar Indah <i>Printing Textile</i> , Surakarta).....	232
Pengembangan Model Perilaku Mengebut di Indonesia serta Rekomendasi Pencegahannya	240
Sistem Pengaturan Suhu Boiler pada Sterilisasi Baglog dengan Kontrol PI	247
Modifikasi Pati Aren dengan <i>Crosslinking Agent</i> STPP (<i>Sodium Tri Poly Phospate</i>) dan Penambahan Poli Vinil Alkohol terhadap Karakteristik Bioplastik	256
Analisis Kelayakan Usaha Produksi Pertashop Pertamina dengan Studi Kasus pada PT Riken <i>Engineering</i> Perkasa	262
Analisis Kualitas Pelayanan Minimarket Indomaret di Bandung untuk Meningkatkan Kepuasan Pelanggan	270
Studi Kelayakan Bisnis Pembuatan Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Limbah Ikan Lemuru ..	280
Pengaruh Motivasi Kerja terhadap Kinerja Pegawai pada Produksi Baja Karbon Rendah.....	290
Analisis Tingkat Usabilitas Menggunakan Metode <i>Performance Measurement</i> dan <i>System Usability Scale</i> (SUS) pada Aplikasi <i>E-commerce</i> Indomaret dan Alfamart	299
Penentuan Preferensi Masyarakat dalam Berdonasi <i>Smartphone</i> Bekas pada Lembaga Penyalur Donasi	307
Analisis Dinamika Sistem Model Dinamik Pengadaan Karkas Sapi Rumah Potong Hewan (RPH) X Menggunakan <i>Software</i> Stella 9.0.2	314
Perancangan <i>Self-Assesment</i> untuk Audit <i>Internal</i> ISO 9001:2015 dengan Metode <i>Baldrige Scoring</i> pada PT Alam Jaya <i>Seafood</i>	324

Perancangan <i>Self-Assessment</i> ISO 22000:2018 pada PT X dengan Metode <i>Baldrige Scoring</i>	331
Perbandingan Strategi Pengajaran <i>Flipped Classroom</i> dan Konvensional pada Mata Kuliah Teoritis dan Hitungan Saat Pembelajaran Jarak Jauh	337
Tingkat Kualitas Tidur Pelajar Selama Pembelajaran Daring	345

Penentuan Komposisi Hidroksiapatit-Alginat-Zinc terhadap Kuat Tekan *Bone Scaffold* dengan Metode Taguchi

Febbyola Raflyani^{1*}, Tri Wibawa², Sadi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
(*122170038@student.upnyk.ac.id)

Abstrak – Indonesia merupakan negara berkembang dengan tingkat mobilitas masyarakat yang berkendara cukup tinggi. Seiring dengan bertambahnya kebutuhan transportasi menyebabkan tingkat kecelakaan lalu lintas juga semakin meningkat. Permasalahan ini menyebabkan luka hingga patah tulang bagi para korban. Untuk menangani masalah tersebut, perlu diadakannya pencangkokan tulang (*bone graft*). Pada penelitian ini akan dirancang material tulang pengganti manusia yang berasal dari campuran Hidroksiapatit dengan Alginat dan Zinc. Hasil pencampuran material akan dilakukan pengujian kuat tekan dan data akan diolah dengan menggunakan metode Taguchi. Target uji tekan yaitu 7,5–41 MPa dengan karakteristik kualitas *larger-the-better*. Sedangkan desain eksperimen yang digunakan yaitu L_{42}^3 . Hasil dari perhitungan ANOVA menunjukkan bahwa faktor komposisi HA, komposisi Alginat, dan rasio HA:Aquades memiliki hasil yang signifikan. Terhadap kuat tekan *scaffold*. Namun, hasil perhitungan ANOVA terhadap nilai SNR menunjukkan bahwa ketiga faktor tersebut tidak memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Komposisi material *scaffold* yang paling optimal yaitu komposisi HA 88%wt, komposisi Alginat 8%wt, dan rasio HA:Aquades 1:1,5. Hasil nilai kuat tekan pada komposisi tersebut sebesar $8,197 \pm 0,259$ MPa dimana nilai ini sesuai dengan nilai kuat tekan untuk tulang *cancellous*.

Kata kunci: *bone scaffold*; desain eksperimen; metode Taguchi; uji kuat tekan

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang dengan tingkat mobilitas masyarakat yang berkendara cukup tinggi. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk tiap tahunnya menyebabkan kebutuhan transportasi pun semakin meningkat. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada periode 2018, jumlah kendaraan di Indonesia sebesar 146.858.749 unit termasuk sepeda motor, mobil barang, mobil bis, maupun mobil penumpang. Secara tidak langsung, hal ini menyebabkan tumbuhnya permasalahan transportasi terutama pada resiko kecelakaan. Permasalahan yang berkaitan dengan kecelakaan lalu lintas adalah hal yang sering terjadi. Selama kurun waktu 2014-2018, jumlah kecelakaan lalu lintas mengalami kenaikan dengan rata-rata 3,3% per tahun. Permasalahan tersebut dapat menyebabkan luka parah hingga mengalami patah tulang serta menelan korban jiwa. Berdasarkan data dari Departemen Kesehatan RI tahun 2013 didapatkan kurang lebih delapan juta orang yang mengalami kelainan fraktur.

Tulang memiliki peranan penting bagi tubuh manusia sebagai alat gerak pasif. Selain itu, tulang juga merupakan pelindung organ dan pengungkit bagi otot. Dengan banyaknya operasi tulang yang harus dilakukan pada pasien fraktur, menyebabkan permintaan akan material pengganti tulang (*bone substitute*) semakin tinggi. Untuk menangani masalah tersebut, perlu diadakannya pencangkokan tulang (*bone graft*) untuk mengisi bagian tulang yang kosong dan beregenerasi kembali sesuai dengan fungsi tulang (Ferdiansyah, Rushadi, Rantam, & Aulani'am, 2011). Tulang merupakan bagian penting yang ada pada tubuh manusia. Tulang memiliki fungsi beragam, diantaranya pelindung organ tubuh seperti jantung dan paru-paru, tempat pembentukan sel darah merah, tulang juga membantu memunculkan gerakan pada tubuh manusia, kerangka yang menopang tubuh manusia, dan pengungkit bagi otot agar tubuh dapat melakukan suatu gerakan dengan maksimal (Triono & Murinto, 2015). Sehingga, dirancang *graft sintetis* yang merupakan jenis pengganti tulang yang biokompatibel bagi tubuh manusia. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan *scaffold* yaitu pencampuran dari Hidroksiapatit dengan Alginat dan Zinc. Hidroksiapatit memiliki kelemahan, yaitu bersifat rapuh, tidak bersifat osteoinduktif, sifat mekanik rendah, dan ketidakstabilan struktur ketika tercampur dengan tubuh manusia (Shojai et al, 2013). Untuk meningkatkan proses osteosis, maka material yang ditambahkan pada penelitian ini yaitu Alginat dan Zinc. Alginat memiliki porositas yang besar sehingga memiliki sifat *gel* yang kuat (Situngkir, 2008).

Pada penelitian ini, material utama yang akan digunakan yaitu Hidroksiapatit (HA) yang dicampur dengan Alginat dan Zinc. Hidroksiapatit merupakan salah satu jenis garam Kalsium Fosfat (CaP) yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Namun, HA memiliki kelemahan, yaitu bersifat rapuh, sifat mekanik rendah, tidak osteoinduktif, dan ketidakstabilan struktur ketika tercampur dengan tubuh manusia (Shojai, Khorasani, Khoshdargi, & Jamshidi, 2013). Untuk meningkatkan proses osteosis diperlukan material yang mempunyai sifat osteoinduksi pada HA sintetik. Material yang ditambahkan pada penelitian ini yaitu Alginat dan Zinc. Alginat memiliki porositas yang besar sehingga memiliki sifat *gel* yang kuat (Situngkir, 2008). Sedangkan Zinc memiliki fungsi sebagai proses perbaikan tulang, melakukan proses *remodelling* tulang, memberi sinyal pada sel osteoblast dan osteosit, serta mencegah pengeroposan tulang (Mulyaningsih, 2009).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Ova (2013) dimana material yang digunakan yaitu HA dan Alginat. Alginat ditambahkan sebanyak 12%. Uji tekan yang dihasilkan yaitu sebesar 3,061 MPa. Sedangkan pada penelitian Trisnawati (2014) dengan material HA dan Alginat dimana penambahan Alginat sebesar 14% memberikan hasil uji tekan sebesar $5,68 \pm 2,1$ MPa. Hal ini dikatakan belum optimal dikarenakan tulang memiliki nilai tekan sebesar 7,5-41 MPa (Ylinen, 2006). Sedangkan, penelitian Setiadiputri (2018) dengan material HA-Alginat-Zn dimana komposisi HA 88%, Alginat 10%, dan Zinc 2% menghasilkan uji tekan sebesar $9,0107 \pm 0,1842$ MPa. Sehingga, upaya yang dilakukan pada penelitian ini yaitu variasi komposisi pada material HA-Alginat-Zn. Perancangan biokomposit dilakukan dengan menggunakan metode Taguchi. Material pembentuk tulang tersebut akan dilakukan pengujian kuat tekan dengan tujuan meningkatkan sifat mekanis material. Hasil yang diharapkan yaitu dapat menentukan komposisi biokomposit HA-Alginat-Zn yang paling optimal terhadap kuat tekan *bone scaffold* dengan menggunakan metode Taguchi.

II. STUDI LITERATUR

Metode Taguchi merupakan metode yang memiliki tujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses bersamaan dengan penekanan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode ini diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1940 dengan sasaran menjadikan produk tahan terhadap *noise* (gangguan) sehingga sering disebut dengan *robust design* (Soejanto, 2009). *Robust design* yaitu penyusunan suatu kombinasi faktor-faktor yang kokos terhadap gangguan yang sulit dikendalikan serta menyebabkan kecenderungan untuk berubah-ubah pada produk lebih tinggi. Metode ini dapat merekayasa produktivitas yang bertujuan agar produk dapat berkualitas tinggi serta biaya yang rendah. Metode perancangan ini dapat memperbaiki mutu dengan menghilangkan akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dilakukan dengan optimasi produk dan perancangan proses yang membuat produk tahan terhadap penyebab variasi suatu proses (Soejanto, 2009).

Pengembangan kualitas yang paling baik menurut Taguchi adalah mendesain dan membuat produk. Pengembangan kualitas dimulai ketika awal mendesain produk hingga lanjut ke proses produksi. Menurut Taguchi, kualitas yang buruk tidak dapat dieleminasi melalui pengembangan proses inspeksi, *screening*, dan pertolongan. Kualitas tidak dapat diletakkan kembali ke dalam produk secara keseluruhan. Desain produk dibuat dengan tujuan agar produk tersebut kuat terhadap *robust* dari faktor lingkungan yang tidak terkontrol. Taguchi menekankan bahwa kualitas apa yang harus di desain dari suatu produk dalam proses manufaktur. Konsep Taguchi ini mengaitkan bahwa kualitas dapat berkaitan secara langsung dengan parameter dari nilai target yang telah ada, bukan pada penampilan spesifikasi yang ditetapkan. Konsep ini dikembangkan menjadi besaran *signal to noise ratio* (S/N). Konsep selanjutnya yaitu disebut sebagai konsep kerugian (*loss function*) pengukuran simpangan dari parameter desain dengan batas-batas biaya dari *Product Life Cycle* (PLC). Biaya-biaya yang muncul yaitu biaya pengembangan produk, biaya sisa bahan, dan biaya pemeriksaan.

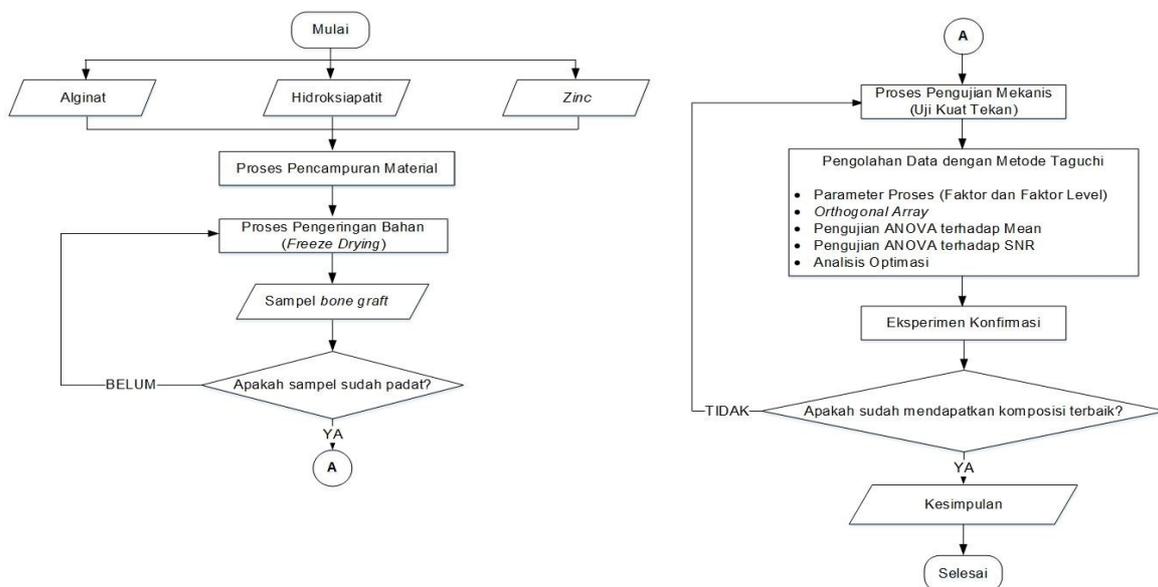
Desain proses berdasarkan konsep Taguchi dapat dibedakan menjadi tiga jenis selama proses produksi, diantaranya desain sistem, desain parameter, dan desain toleransi. Tahap ini membutuhkan pengetahuan yang detail dalam merancang desain sistem. Desain toleransi memiliki keterkaitan terhadap proses perkembangan produk dengan tujuan menentukan nilai optimal dari produk atau proses. Tujuan dari desain toleransi yaitu agar agar mendapatkan toleransi yang paling nominal dengan desain yang telah ditentukan oleh desain parameter (Fitria, 2009).

III. METODOLOGI

Penelitian dibagi menjadi tempat pencampuran material dan tempat pengujian material. Tempat penelitian dalam melakukan pencampuran material HA-Alginat-Zn dilakukan di Laboratorium Pengembangan Proses dan Produk Jurusan Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta. Sedangkan proses *freeze drying* dan pengujian kuat tekan akan dilakukan di Pusat Penelitian Biomaterial Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Waktu penelitian berdasarkan lamanya sintesis hingga karakterisasi sampel. Penelitian mulai dilaksanakan pada tanggal 19 Oktober 2020.

Objek yang diteliti dalam penelitian ini yaitu HA-Alginat-Zn sebagai bahan material *scaffold* lalu dilakukan proses pengujian pada hasil sampel tersebut. Pencampuran dan pengeringan material ini bertujuan untuk menghasilkan sampel yang nantinya digunakan sebagai material pengganti tulang manusia. Setelah sampel didapatkan, langkah selanjutnya yaitu dilakukan proses pengujian material dengan menggunakan uji tekan. Data tersebut yang akan diolah dengan menggunakan metode Taguchi untuk mendapatkan kualitas material yang sesuai dengan biaya yang rendah.

Bahan-bahan yang digunakan dalam perancangan material HA-Alginat-Zn yaitu Hidroksiapatit, Sodium Alginat, *Phosphate Buffer Saline* (PBS), Zinc Nitrat 99%, dan larutan Aquades. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian yaitu *magnetic stirrer*, timbangan digital, alat-alat laboratorium, alat uji tekan, *freezer*, dan *freeze drying*. Urutan penelitian dengan menggunakan metode Taguchi dimudahkan dengan membuat diagram alir dalam bentuk *flowchart* secara sistematis. Urutan tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Urutan tahapan penelitian

IV. HASIL DAN DISKUSI

Hasil karakteristik kualitas yaitu *larger-the-better* dimana target kualitas yang digunakan nilai sebesar-besarnya (tak terhingga). Namun, tulang manusia memiliki target nilai uji tekan yaitu berada di antara 7,5-41 MPa. Sedangkan parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu faktor kontrol (terkendali), dimana faktor ini ditentukan oleh ahli teknik dan memiliki nilai satu atau lebih. Faktor kontrol dan *level* faktor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
 Faktor kontrol

Faktor	Kode	Level 1	Level 2
Komposisi HA (%wt)	A	86	88
Komposisi Alginat (%wt)	B	6	8
Rasio HA : Aquades	C	1 : 1	1 : 1,5

Berdasarkan perhitungan *degree of freedom*, didapatkan perhitungan total derajat kebebasan yaitu 3. Hal ini menunjukkan bahwa eksperimen harus dilakukan minimal sejumlah 8. Sehingga, didapatkan rancangan matriks *orthogonal* untuk desain eksperimen L_42^3 yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2
 Matriks orthogonal L_42^3

Eks.	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Pengujian kuat tekan material *scaffold* dengan diameter sampel sebesar 8 mm yang diuji menggunakan alat uji tekan ditunjukkan pada Tabel 3.

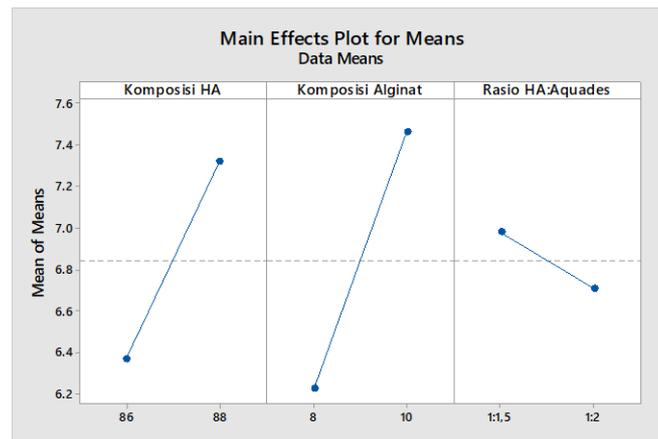
Tabel 3
 Hasil uji kuat tekan

Eks.	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimal (N)	Kuat Tekan (MPa)	Mean	Signal Noise Ratio
1	78,5	294	5,852	5,882	39,337
		299,2	5,955		
		293,4	5,840		
2	78,5	341,7	6,801	6,852	38,297
		342	6,807		
		349,1	6,949		
3	78,5	324	6,449	6,566	36,242
		333	6,628		
		332,6	6,620		
4	78,5	406,2	8,085	8,074	49,017
		404	8,041		
		406,7	8,095		

Data diolah dengan menggunakan dua acara, yaitu *analysis of variance* (ANOVA) terhadap nilai rata-rata dan ANOVA terhadap nilai SNR. ANOVA terhadap nilai rata-rata bertujuan untuk mencari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi *setting level*. Perhitungan ANOVA dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi MINITAB 18 ataupun perhitungan manual. Pada jurnal ini akan dilakukan perhitungan ANOVA dengan cara manual menggunakan *excel* dan menggunakan aplikasi MINITAB 18. Tahap pertama yaitu menghitung nilai rata-rata untuk seluruh eksperimen. Hasil yang didapatkan yaitu 6,844 untuk rata-rata seluruh eksperimen. Selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan nilai rata-rata untuk setiap level faktor. Hasil perhitungan disajikan pada tabel respon nilai rata-rata pada Tabel 4 sedangkan grafik respon dari nilai rata-rata dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 4
 Tabel respon nilai rata-rata

Level	Parameter Proses		
	A	B	C
1	6,367	6,224	6,978
2	7,320	7,463	6,709
Selisih	0,952	1,239	0,269
Ranking	2	1	3



Gambar 2. Main effects plot for means

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *total sum of square* sehingga didapatkan nilai sebesar 569,615. Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan *square due to mean* dan didapatkan nilai sebesar 562,027. Perhitungan berikutnya yaitu *sum of square due to factors* dan didapatkan nilai sebesar 2,721 untuk faktor A, 4,606 untuk faktor B, dan 0,217 untuk faktor C. Perhitungan berikutnya yaitu *sum of square due to errors* dimana didapatkan nilai *error* sebesar 0,044. Lalu perhitungan *mean sum of square* dan didapatkan nilai sebesar 2,721 untuk faktor A, 4,606 untuk faktor B, dan 0,217 untuk faktor C. Nilai probabilitas P pada perhitungan ini yaitu 0,05 dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Hasil perhitungan ANOVA terhadap nilai rata-rata lebih lengkap disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5
Analysis of variance for mean

Sumber Variasi	Pooled	SS	DF	MS	F ratio	SS'	% Kontribusi	F tabel
A		2,721	1	2,721	93,756	2,692	52,96%	5,32
B		4,606	1	4,606	158,677	4,577	90,02%	5,32
C	Y	0,217	-	-	-	-	-	5,32
Error	Y	-	-	-	-	-	-	-
Pooled e		0,261	9	0,029	1	-2,185	-42,98%	-
SSt		5,084	11	0,462	-	5,084	100,00%	-
Mean		562,027	1	-	-	-	-	-
Total		569,615	12	-	-	-	-	-

Tahap *pooling up* merupakan rekomendasi penggunaan separuh jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array* yang digunakan. *Pooling* bertujuan untuk memperlakukan faktor tidak signifikan seolah-olah tidak ada dalam eksperimen dan jumlah kuadratnya merupakan bagian dari jumlah kuadrat karena *error* (SSE). *Pool* dapat dilakukan sebanyak mungkin pada faktor yang tidak signifikan serta menghitung jumlah kuadrat sesungguhnya terhadap faktor-faktor yang masih ada dan menyelesaikan nilai persen kontribusi. Dikarenakan semua faktor signifikan, maka faktor yang dilakukan *pooling* adalah faktor dengan F-ratio terkecil yaitu faktor C. Berdasarkan perhitungan ANOVA setelah *pooling up* dapat diketahui bahwa faktor A, faktor B, dan faktor C memiliki hasil yang signifikan dan mempengaruhi kuat tekan material *scaffold*. Dari tabel di atas, ditunjukkan bahwa persentase kontribusi dari error sebesar -42,98% yang dapat diartikan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi nilai rata-rata sudah cukup dimasukkan ke dalam eksperimen. Syarat persen kontribusi *error* untuk metode Taguchi yaitu $\leq 50\%$.

Selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan ANOVA terhadap nilai SNR. Perhitungan ini digunakan dalam pencarian faktor yang memiliki nilai kontribusi terbesar pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Perhitungan ANOVA terhadap nilai SNR diawali dengan mendapatkan nilai SNR untuk setiap eksperimen. Rumus yang digunakan untuk mengolah nilai SNR dengan karakteristik kualitas *larger-the-better* yaitu:

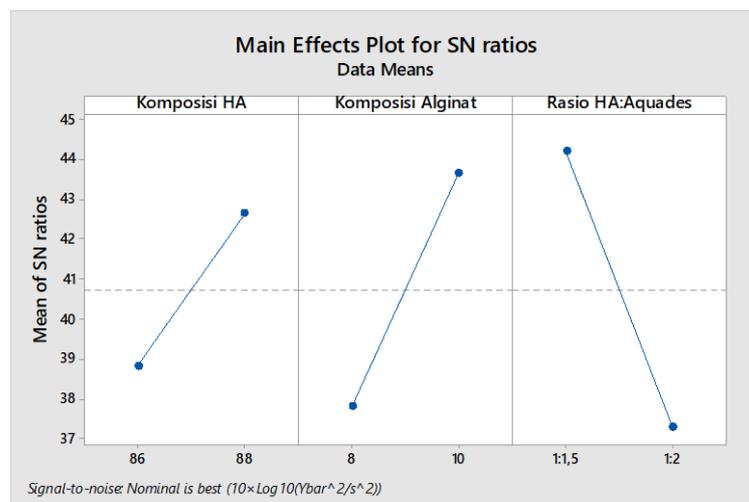
$$SNR = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{y_i} \right)^2 \right) \quad (1)$$

dimana μ menunjukkan rata-rata, sedangkan σ menunjukkan nilai standar deviasi.

Perhitungan ANOVA terhadap nilai SNR dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan *excel*. Tahap pertama yaitu menghitung nilai SNR untuk seluruh eksperimen. Hasil yang didapatkan yaitu 40,723. Selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan nilai SNR untuk setiap level faktor. Hasil perhitungan disajikan pada tabel respon nilai SNR pada Tabel 6 sedangkan grafik respon dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 6
 Tabel respon nilai SNR

Level	Parameter Proses		
	A	B	C
1	16,053	15,867	16,766
2	17,243	17,429	16,530
Selisih	1,190	1,562	0,236
Ranking	3	2	1



Gambar 3. Main effects plot for SNR

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *total sum of square* sehingga didapatkan nilai sebesar 6730,200. Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan *square due to mean* dan dididapatkan nilai sebesar 6633,521. Hasil perhitungan ANOVA terhadap nilai SNR lebih lengkap disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7
 ANOVA nilai SNR

Sumber Variasi	Pooled	SS	DF	MS	F ratio	SS'	% Kontribusi	F tabel
A		1,415	1	1,415	25,373	1,360	34,77%	161
B		2,439	1	2,439	43,718	2,383	60,95%	161
C	Y	-	-	-	-	-	-	-
Error	Y	-	-	-	-	-	-	-
Pooled e		0,056	1	0,056	1	0,167	4,28%	
SSt		3,910	3	1,303		3,910	100,00%	
Mean		1108,591	1					
Total		1112,501	4					

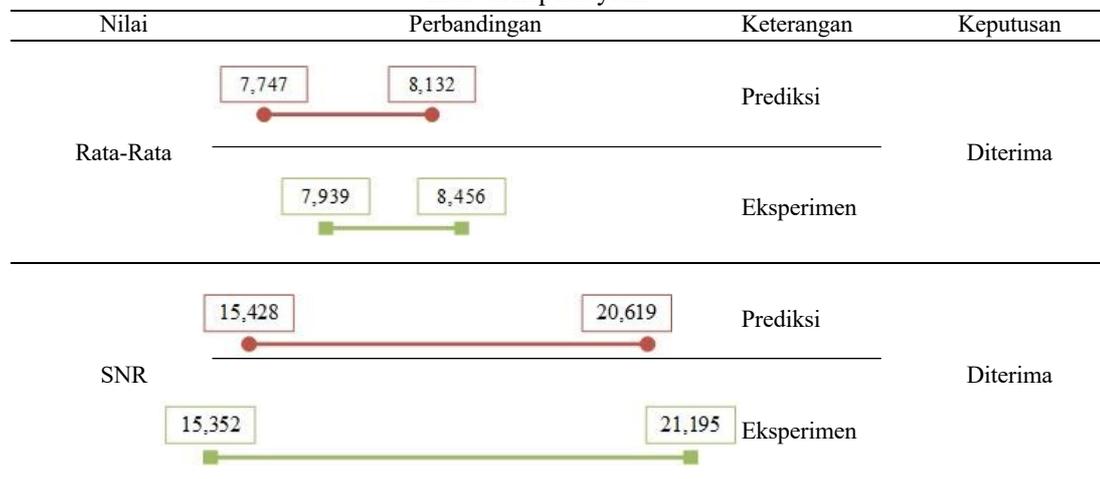
Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai Ftabel ($F(0,05,1,1) = 161$) lebih besar dari nilai Fratio setiap faktor. Hal ini menunjukkan bahwa faktor A maupun faktor B tidak mempengaruhi pengurangan variansi kuat tekan tulang. Sedangkan kontribusi faktor A dan B sebesar 34,77% dan 60,95%. Dan nilai error memiliki persentase kontribusi sebesar 4,28% dimana syarat persen kontribusi error pada metode Taguchi yaitu $\leq 50\%$ sehingga persentase kontribusi diterima. Tahap selanjutnya yaitu melakukan eksperimen konfirmasi yang bertujuan untuk memvalidasi kesimpulan yang telah diperoleh dari eksperimen sebelumnya. Eksperimen konfirmasi terdiri dari 5 sampel. Berikut merupakan hasil uji kuat tekan dari eksperimen konfirmasi.

Tabel 8
 Hasil kuat tekan eksperimen konfirmasi

Eks.	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimal (N)	Kuat Tekan (MPa)
1	50,24	413,5	8,230
2	50,24	412,1	8,203
3	50,24	410,4	8,169
4	50,24	410,8	8,177
5	50,24	412,4	8,209

Selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan interval kepercayaan prediksi. Perhitungan ini akan dibagi menjadi interval kepercayaan nilai rata-rata dan interval kepercayaan nilai SNR. Interval kepercayaan prediksi nantinya akan dilakukan perbandingan dengan interval kepercayaan konfirmasi berdasarkan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila nilai perkiraan sama atau mendekati nilai konfirmasi, maka dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi berada di dalam interval optimal dan dapat diterima. Berdasarkan perhitungan perkiraan kondisi optimal, didapatkan nilai rata-rata prediksi sebesar 7,939 dan nilai SNR prediksi sebesar 47,111. Sedangkan, nilai rata-rata konfirmasi didapatkan sebesar 8,197 dan nilai SNR konfirmasi yaitu sebesar 50,327. Penjelasan lebih lengkap terkait interval kepercayaan nilai rata-rata dan nilai SNR dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9
 Interval kepercayaan



Berdasarkan perbandingan dengan interval kepercayaan optimal dan konfirmasi pada gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai konfirmasi sama atau mendekati nilai optimal. Sehingga, dapat dikatakan bahwa hasil eksperimen konfirmasi berada di dalam interval optimal dan dapat diterima.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk menentukan komposisi biomaterial yang tepat terhadap kuat tekan material HA-Alginat-Zinc dengan menggunakan metode Taguchi, diperoleh kesimpulan, yaitu hasil perhitungan ANOVA terhadap nilai rata-rata menunjukkan bahwa faktor-faktor yang memiliki hasil signifikan dari eksperimen ini yaitu faktor A, faktor B, dan faktor C. Faktor C dilakukan *pooling up* dikarenakan memiliki nilai F-ratio terkecil. Sehingga, nilai kontribusi faktor A sebesar 52,96% dan B dengan kontribusi sebesar 90,02%.

Hasil perhitungan ANOVA terhadap nilai SNR menunjukkan bahwa faktor A, B, dan C tidak mempengaruhi pengurangan variansi dari karakteristik kualitas larger-the-better. Lalu, dilakukan *pooling up* terhadap faktor yang memiliki nilai F-ratio terkecil yaitu faktor C. Sehingga, hasil kontribusi faktor A sebesar 34,77% dan faktor B sebesar 60,95%.

Hasil perhitungan ANOVA terhadap nilai rata-rata maupun terhadap nilai SNR menunjukkan adanya *setting level* optimal dari faktor-faktor kontrol dimana faktor yang memiliki signifikansi lebih terhadap kuat tekan material scaffold yaitu komposisi HA 88wt% (A2), komposisi Alginat 10wt% (B2), komposisi Zinc

Nitrat Tetrahidrat 2wt%, dan rasio HA:Aquades 1:1,5 (C1). Sedangkan kuat tekan optimal yang didapatkan dari eksperimen konfirmasi yaitu sebesar $8,197 \pm 0,259$ MPa dimana nilai ini sesuai dengan nilai kuat tekan untuk tulang *cancellous*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2018). Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) sebesar 5,34 Persen. Diakses dari: <https://www.bps.go.id/pressrelease/2018/11/05/1485/agustus-2017-tingkatpengangguran-terbuka--tpt--sebesar-5-34-persen.html> pada tanggal 28 November 2020, Jam 12.25 WIB.
- Depkes RI. (2013). Riset Kesehatan Dasar. Jakarta: Badan Penelitian dan pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI.
- Ferdiansyah, Rushadi, D., Rantam, F. A., & Aulani'am. (2011, September). Regenerasi pada Massive Bone Defect dengan Bovine Hydroxyapatite sebagai Scaffold Mesenchymal Stem Cell. *Jurnal Bina Praja*, 3(3), 179-195.
- Fitria, Nana. (2009). *Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi dalam Optimasi Karakteristik Mutu*. Skripsi, Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN), Malang.
- Malau, V., Wildan, M. W., Suyitno, & Sadi. (2014). Optimization of Process Parameters of Stir Casting To Maximize The Hardness of Al-Sic Composites By Taguchi Method. *International Journal of Applied Engineering Research*, 9(24), 30121-30134.
- Mulyaningsih, T. R. (2009). Kandungan Unsur Fe dan Zn dalam Bahan Pangan Produk Pertanian, Peternakan dan Perikanan dengan Metode k0-AANI. *Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology*, 10(2), 71-80. doi:<http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2009.10.2.651>
- Ova, O. (2013). *Optimasi Variasi Komposisi pada Proses Pembuatan Bone Graft Berbasis Hidroksiapatit dan Alginat*. Skripsi. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Prasetya, C., Rahman, A., & Efranto, R. Y. (2013). Analisa Desain Eksperimen Pembuatan Batako Berbahan Alternatif Lumpur Lapindo dan Fly Ash dengan Metode Taguchi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri (JRMSI)*, 1(1), 57-65.
- Setiadiputri, J. N. (2018). *Sintesis dan Karakterisasi Biokomposit Hidroksiapatit-Alginat-Zinc sebagai Bone Graft Untuk Penanganan Bone Defect*. Universitas Airlangga, Teknik Biomedis. Retrieved from <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/73827>
- Shojai, M. S., Khorasani, M. T., Khoshdargi, E. D., & Jamshidi, A. (2013). *Synthesis Methods for Nanosized Hydroxyapatite in Diverse Structures*. *Acta Biomaterialia*, 9(8), 7591-7621. doi:<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.04.012>
- Situngkir, J. (2008). *Pembuatan dan Karakterisasi Fisiokimia Bahan Cetak Gigi Palsu Kalsium Alginat*. Universitas Sumatera Utara, Kimia, Medan.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi* (Edisi Pertama, Cetakan Pertama ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Triono, P., & Murinto. (2015, Juli). *Aplikasi Pengolahan Citra untuk Mendeteksi Fraktur Tulang dengan Metode Deteksi Tepi Canny*. 9(2), 1115-1123.
- Trisnawati, M., Djony Izak, Siswanto. (2014). *Sintesis dan Karakterisasi Bone Graft Hidroksiapatit-Alginat dengan Metode Ex-situ*. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, Vol. 2, No. 3, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Ylinen, P. (2006). *Applications of Coralline Hydroxyapatite With Bioabsorbable Containment and Reinforcement As Bone Graft Substitute*. Dissertation, University of Helsinki, Surgery, Helsinki.