



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

## Peningkatan Kualitas Kuat Tekan Produk *Scaffold* Hidroksiapatit (Ha)-Gelatin-Polivinil Alkohol (PVA) Menggunakan Metode Taguchi

Lia Rahmawati<sup>1</sup>, Sadi<sup>2</sup>, Tri Wibawa<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia  
(\*122170056@student.upnyk)

**Abstrak** – Kerusakan tulang yang akan terjadi di Indonesia pada golongan tenaga kerja sebesar 67,76% berupa penurunan massa tulang dan sebesar 28,58% berupa gangguan kepadatan tulang. *Scaffold* dapat dijadikan sebagai alternatif dari perawatan penyembuhan kerusakan tulang dalam bentuk perancah berpori 3D. *Scaffold* dapat menyediakan lingkungan yang sesuai untuk regenerasi jaringan tulang. Biomaterial keramik sebagai bahan dasar yang cocok untuk *scaffold* karena karakteristiknya, namun memiliki kekurangan berupa elastisitas rendah dengan permukaan yang keras dan rapuh. Pada penelitian ini dilakukan penambahan material berupa biomaterial gelatin dan PVA yang mana sangat ideal untuk diferensiasi sel dan kekuatan mekanik dari *scaffold*. Dalam upaya memperbaiki kualitas produk dan proses pembuatan *scaffold*, desain eksperimen dengan Metode Taguchi untuk mengetahui parameter yang memberikan nilai kuat tekan yang sesuai dengan tulang manusia. Parameter proses yang digunakan yaitu rasio bubuk *hydroxyapatite* (HA), rasio bubuk gelatin, dan rasio bubuk *polyvinyl alcohol* (PVA). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan parameter proses rasio bubuk *hydroxyapatite* (HA), rasio bubuk gelatin, dan rasio bubuk *polyvinyl alcohol* (PVA) sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan *scaffold*. Hasil eksperimen konfirmasi diperoleh *mean* sebesar 3,287 MPa menunjukkan bahwa nilai kuat tekan *scaffold* berada pada rentan nilai kuat tekan manusia.

**Kata kunci:** gelatin; hidroksiapatit; metode Taguchi; *scaffold*

### I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2009, *World Health Organization* (WHO) menyebutkan bahwa sekitar 200 juta orang di seluruh dunia menderita kerusakan tulang dan diperkirakan setiap tahunnya akan meningkat. Sebanyak 6,3 juta orang yang mengalami patah tulang terutama pada bagian panggul dan setengahnya terjadi di Asia pada tahun 2050. Hal tersebut akan mengakibatkan kecacatan hingga kematian (Setiadiputri, 2018). Satu dari empat wanita dan satu dari delapan pria berusia 50 tahun atau lebih menderita osteoporosis (Burden et al, 2021, p.817). Jika proporsi ini diekstrapolasi ke statistik populasi dunia saat ini, lebih dari 228 juta orang dewasa berusia 55 tahun atau lebih akan menderita osteoporosis. Hal ini menunjukkan peningkatan nyata dari perkiraan sebelumnya sebesar 200 juta pada tahun 2006 (Burden et al, 2021, p.818).

Usia  $\geq 50$  tahun berisiko 2,6 kali lebih besar untuk mengalami gangguan kepadatan tulang dari yang berusia  $< 50$  tahun. Massa tulang mulai menurun baik pada pria maupun wanita pada awal 30 tahunan dengan sejumlah kecil pengurangan tulang trabekular pada tulang punggung (Mardiyah & Sartika, 2014). Badan Pusat Statistik pada Agustus 2020 memiliki data mengenai tenaga kerja. Data tersebut jika dihubungkan dengan pernyataan dari Mardiyah dan Sartika sebelumnya, maka diperoleh gambaran mengenai kerusakan tulang yang akan terjadi di Indonesia. Sebesar 67,76% dari tenaga kerja yang ada di Indonesia berpotensi untuk mengalami penurunan massa tulang dan sebesar 28,58% dari tenaga kerja yang ada di Indonesia berpotensi untuk mengalami gangguan kepadatan tulang.

Kemajuan bidang kedokteran dapat membantu dalam mengatasi permasalahan mengenai kerusakan tulang, baik dari segi teknologi maupun material dasar. Penyembuhan dilakukan dengan transplantasi tulang menggunakan metode *tissue engineering* (rekayasa jaringan) menjadi alternatif dari perawatan konvensional. Rekayasa jaringan menjadi solusi dari permasalahan mengenai kerusakan organ atau jaringan. Biaya pengobatan lebih efektif dari perawatan konvensional karena tidak memerlukan terapi tambahan (Poernomo, 2019). *Scaffold* dapat memperbaiki kerusakan atau degenerasi jaringan tulang. Bahan untuk pembuatan *scaffold* menggunakan biomaterial berdasar keramik karena memiliki unsur-unsur yang sama dengan unsur penyusun tulang manusia. Hidroksiapatit (HA) merupakan bahan biokeramik menyerupai gugus senyawa pada tulang, oleh karena itu HA dikenal sebagai material yang biokompatibel namun kekakuan tinggi, elastisitas rendah dengan permukaan keras dan rapuh. Berdasarkan kekurangan tersebut, penelitian ini akan membuat *scaffold* dari hidroksiapatit dan menambahkan biomaterial alami berupa gelatin dan *polyvinyl alcohol* (PVA) yang sangat ideal untuk diferensiasi sel dan kekuatan mekanik dari *scaffold*.

Penderita kerusakan tulang dan degenerasi tulang akan semakin meningkat setiap tahun sesuai dengan data yang telah disebutkan sebelumnya. Hal ini akan berbanding lurus dengan permintaan kebutuhan *scaffold* di masa mendatang pada industri kesehatan. Industri kesehatan perlu memperhatikan hal tersebut agar ketersediaan *scaffold* dapat seimbang dengan kebutuhannya, mengingat *scaffold* merupakan hal baru dan lebih efektif dari perawatan konvensional. Penelitian dalam bidang ini perlu ditingkatkan lagi tidak hanya dari segi material dan teknologi, melainkan dari segi sifat mekanik yang merupakan persyaratan dalam melakukan implant. Penelitian mengenai uji kuat tekan *scaffold* perlu dilakukan agar tidak hanya dihasilkan *scaffold* yang biokompatibel, tetapi juga memiliki nilai kuat tekan yang berada pada rentan nilai kuat tekan tulang manusia.

Pada penelitian ini akan dibuat *scaffold* dengan menggunakan biomaterial *hydroxyapatite* (HA) - gelatin - *polyvinyl alcohol* (PVA) dengan tujuan mengetahui formulasi untuk memperoleh nilai kuat tekan yang berada pada rentan nilai kuat tekan tulang manusia. Tujuan tersebut dicapai dengan memilih parameter proses yang dapat mempengaruhi nilai kuat tekan berdasarkan penelitian sebelumnya. Hasil penelitian Narbat, Orang, Hashtjin, & Goudarzi (2006) menunjukkan bahwa penambahan hidroksiapatit (HA) mempengaruhi sifat mekanik *scaffold*. Hasil penelitian Kim, Yang, Choi, Cho, & Kim (2018) menunjukkan bahwa gelatin/PVA berpotensi untuk aplikasi *scaffold*. Tontowi, Anindyajati, Tangkudung, & Dewo (2018) mengembangkan material biokomposit hidroksiapatit (HA), gelatin, dan PVA dengan metode *freeze-drying*. Proses pembuatan menggunakan metode *freeze drying* karena dapat menghasilkan *scaffold* dengan porositas yang tinggi (mencapai 90%) (Fitriyana, 2020).

Perlu dilakukan upaya agar dihasilkan *scaffold* dengan nilai kuat tekan sesuai manusia dengan perbaikan kualitas produk dan proses pembuatan *scaffold*. Desain eksperimen dapat mengidentifikasi parameter proses dalam pembuatan *scaffold* untuk memberikan nilai kuat tekan yang sesuai dengan tulang manusia. Nilai optimumnya untuk mengetahui parameter yang memberikan hasil terbaik. Metode Taguchi mampu mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah test yang minimum dengan *orthogonal array* membantu dalam menentukan tata letak data eksperimen.

## II. STUDI LITERATUR

### A. Scaffold

Menurut (Herda & Puspitasari, 2016) *scaffold* adalah biomaterial *solid*, porus dan berbentuk 3 dimensi yang didesain berperan untuk mendukung interaksi sel-biomaterial, adhesi sel dan deposisi matriks ekstraseluler, menyediakan suplai gas, nutrisi dan faktor pengaturan sehingga dapat terjadi proliferasi, diferensiasi dan maturasi sel.

### B. Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise* karena itu sering disebut sebagai *robust design*. Didalam perbaikan kualitas secara esensial Metode Taguchi memakai alat-alat statistik, tetapi Taguchi menyederhanakan dengan mengidentifikasikan beberapa petunjuk yang kuat untuk *layout* eksperimen dan menganalisis hasilnya (Suryaningsih, 2010).

#### 1. Orthogonal Array

Taguchi menggunakan *orthogonal array* (OA) untuk mendiskripsikan jumlah eksperimental yang dilakukan. Desain OA sering digunakan dalam desain eksperimen dengan multilevel faktor.

#### 2. Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas (variabel *respons*) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses. Karakteristik kualitas dapat dikelompokkan menurut nilai targetnya sebagai berikut:

*Nominal the best*

*Nominal the best* adalah karakteristik kualitas terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik.

Nilai tersebut dapat positif maupun negatif, yang ditunjukkan pada persamaan 1.

$$SN_{NTB} = 10 \log_{10} \left[ \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (1)$$



$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (3)$$

*Smaller the better*

*Smaller the better* adalah karakteristik kualitas terukur dengan nilai non-negatif dan targetnya adalah nilai yang sekecil-kecilnya (nol). Yang ditunjukkan pada persamaan 4.

$$SN_{STB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (4)$$

*Higher the better*

*Higher the better* adalah karakteristik kualitas terukur dengan nilai non-negatif yang mempunyai kondisi ideal dan nilai targetnya adalah nilai yang sebesar-besarnya (tak terbatas) yang ditunjukkan pada persamaan 5.

$$SN_{HTB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (5)$$

C. *Analisis of Variansi (ANOVA)*

Analisis varian untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Pada metode Taguchi, analisis varian dapat digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan (Damayanti, 2017).

### III. METODOLOGI

A. *Waktu Penelitian*

Waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan, pada April 2021 sampai Juni 2021.

B. *Tempat Penelitian*

Tempat yang dipakai dalam penelitian ini adalah Laboratorium Fisika Material Universitas Airlangga untuk pembuatan *scaffold* dan uji kuat tekan.

C. *Alat Penelitian*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini timbangan *digital*, spatula, gelas ukur, gelas *backer*, *stirrer bar*, *magnetic stirrer*, cetakan spesimen, *freezer*, *freezed drying*, dan alat uji kuat tekan.

D. *Bahan Penelitian*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bubuk *hydroxyapatite* (HA), bubuk gelatin, bubuk *polyvynil alcohol* (PVA), dan air destilasi.

E. *Pengumpulan Data*

Data primer yang digunakan yaitu nilai kuat tekan dari *scaffold hydroxyapatite* (HA) - gelatin - *polyvynil alcohol* (PVA). Data nilai kuat tekan digunakan untuk mengidentifikasi parameter proses yang memberikan nilai optimum sesuai dengan rentan nilai kuat tekan tulang manusia. Data sekunder yang digunakan yaitu level dari parameter rasio bubuk *hydroxyapatite* (HA), rasio bubuk gelatin, rasio bubuk *polyvynil alcohol* (PVA). Data level dari parameter tersebut digunakan sebagai pedoman untuk melakukan prosedur pembuatan *scaffold hydroxyapatite* (HA)-gelatin-*polyvynil alcohol* (PVA). Data tersebut berdasarkan penelitian terdahulu memberikan peningkatan pada nilai kuat tekan dari *scaffold*.

F. Metode

Desain eksperimen dengan metode Taguchi harus dapat menganalisa suatu kondisi untuk memenuhi kondisi terbaik, memperkirakan kontribusi dari tiap faktor, memperkirakan respon atau akibat yang mungkin dari kondisi optimum.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Setelah melalui studi literatur mengenai parameter yang mempengaruhi nilai kuat tekan *scaffold*, maka didapatkan parameter yang berpengaruh cukup signifikan. Kemudian dijadikan sebagai parameter proses dalam perancangan desain eksperimen yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1  
 Parameter nilai kuat tekan *scaffold*

Kode	Nama Parameter
A	Rasio bubuk <i>hydroxyapatite</i> (HA)
B	Rasio bubuk gelatin
C	Rasio <i>polyvynyl alcohol</i> (PVA)

Penentuan nilai *setting* level didasarkan pada studi literatur. Nilai *setting* level pada masing-masing parameter ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2  
*Setting* level pada parameter

Kode	Nama Parameter	Level 1	Level 2
A	Rasio bubuk <i>hydroxyapatite</i> (HA)	1	2
B	Rasio bubuk gelatin	1	1,5
C	Rasio <i>polyvynyl alcohol</i> (PVA)	0,15	0,30

*Orthogonal array* (OA) digunakan untuk mengetahui informasi efek parameter yang maksimum dan jumlah eksperimen yang minimum dengan menghitung nilai *degree of freedom* (DoF). Pada eksperimen ini menggunakan 3 parameter dimana masing-masing parameter memiliki 2 level. Hasil perhitungan nilai *degree of freedom* (DoF) pada penelitian ini adalah 3 derajat kebebasan. Dalam memilih matriks *orthogonal array* yang sesuai, maka derajat kebebasan matriks *orthogonal array*  $\geq$  dari derajat kebebasan. Sehingga matriks *orthogonal array* yang sesuai yaitu  $L_4(2^3)$ . Karakteristik kualitas *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk meningkatkan kualitas lewat variasi dan peningkatan pengukuran. Penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *Larger the Better*.

Tabel 3  
 Data perhitungan *mean* dan SNR hasil eksperimen nilai kuat tekan *scaffold*

Nomor Eksperimen	Parameter			Replikasi			<i>Mean</i>	SNR
	Rasio bubuk <i>hydroxyapatite</i> (HA)	Rasio bubuk gelatin	Rasio <i>polyvynyl alcohol</i> (PVA)	R1 (MPa)	R2 (MPa)	R3 (MPa)		
1	1	1	0,15	4,466	1,434	3,416	3,105	6,832
2	1	1,5	0,30	1,984	2,343	2,577	2,301	7,086
3	2	1	0,30	1,514	1,275	1,747	1,512	3,375
4	2	1,5	0,15	2,804	1,210	1,982	1,999	4,499

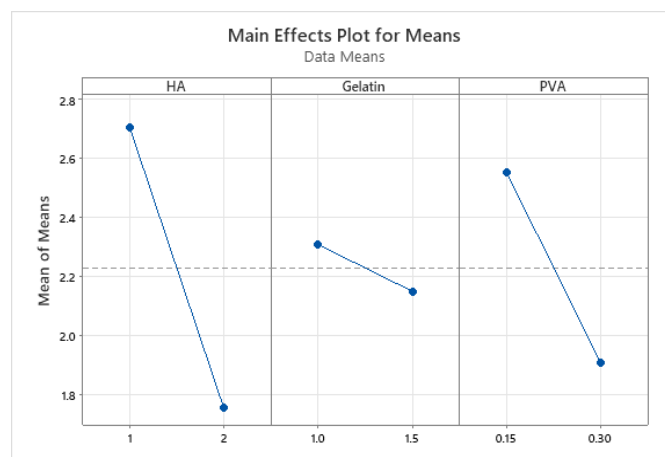
Data respon hasil uji kuat tekan diolah untuk membuat tabel respon kuat tekan rata-rata dari setiap eksperimen. Pengolahan data menggunakan bantuan *software* MINITAB 20 dan Excel. Hasil pengolahan data respon eksperimen terhadap rata-rata dan SNR ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 6 serta Gambar 1 dan Gambar 2.

Tabel 4  
 Respon kuat tekan *scaffold* untuk nilai *mean*

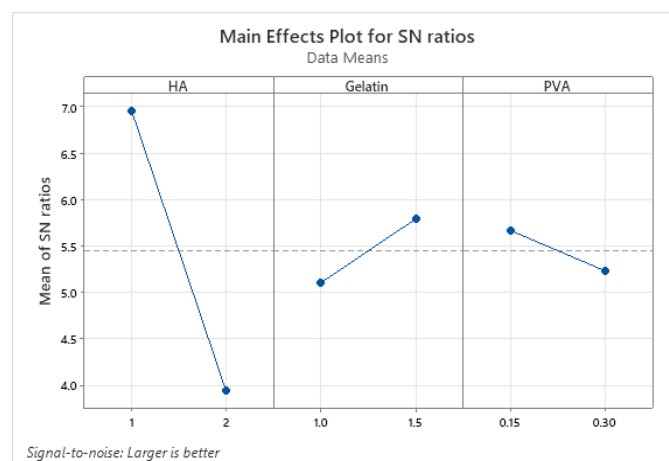
	Rasio bubuk <i>hydroxyapatite</i> (HA)	Rasio bubuk gelatin	Rasio <i>polyvinyl alcohol</i> (PVA)
Level 1	2,703	2,309	2,552
Level 2	1,755	2,150	1,907
<i>Difference</i>	0,948	0,159	0,645
<i>Ranking</i>	1	3	2

Tabel 5  
 Respon kuat tekan *scaffold* untuk SNR

	Rasio bubuk <i>hydroxyapatite</i> (HA)	Rasio bubuk gelatin	Rasio <i>polyvinyl alcohol</i> (PVA)
Level 1	6,959	5,104	5,666
Level 2	3,937	5,793	5,231
<i>Difference</i>	3,022	0,689	0,435
<i>Ranking</i>	1	2	3



Gambar 1. Grafik respon kuat tekan *scaffold* untuk *Mean*



Gambar 2. Grafik respon kuat tekan *scaffold* untuk SNR

Tabel 6  
ANNOVA *mean* setelah *pooling up*

Sumber	Pool	Sq	v	Mq	F-ratio	Sq'	rho%	F-tabel
Rasio bubuk <i>hydroxyapatite</i> (HA)		2,696	1	2,696	3,805	1,988	19,253	5,12
Rasio <i>polyvynyl alcohol</i> (PVA)		1,249	1	1,249	1,763	0,541	5,238	5,12
<i>Pooled e</i>		6,377	9	0,709	1	7,795	75,508	
St		10,323	11	0,938	-	10,323	100,000	
<i>Mean</i>		59,639	1	-	-	-	-	
ST		69,962	12	-	-	-	-	

Tabel 7  
ANNOVA SNR setelah *pooling up*

Sumber	Pool	Sq	v	Mq	F-ratio	Sq'	rho%	F-tabel
Rasio bubuk <i>hydroxyapatite</i> (HA)		9,135	1	9,135	48,348	8,946	91,303	5,12
Rasio bubuk gelatin		0,474	1	0,474	2,510	0,285	2,912	5,12
<i>Pooled e</i>		0,189	1	0,189	1,000	0,567	5,785	
St		9,798	3	3,266	-	9,798	100,000	
<i>Mean</i>		118,732	1	-	-	-	-	
ST		128,530	4	-	-	-	-	

Berdasarkan tabel respon kuat tekan untuk mean dan SNR dihasilkan level faktor yang optimal yaitu: A (Rasio bubuk *hydroxyapatite* (HA) 1, B (Rasio bubuk gelatin) 1, dan C (Rasio *polyvynyl alcohol* (PVA)) 1. Setelah *setting* level faktor optimal, kemudian mencari nilai prediksi dan selang kepercayaan *mean* dan SNR. Dari hasil perhitungan mean, prediksi respon mean sebesar 3,026 MPa dan selang kepercayaan proses optimal pada  $2,074 \text{ Mpa} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,978 \text{ Mpa}$ . Dari hasil perhitungan SNR, prediksi respon SNR sebesar 6,615 MPa dan selang kepercayaan proses optimal pada  $1,833 \text{ Mpa} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 11,397 \text{ Mpa}$ .

Eksperimen konfirmasi dilakukan pada kombinasi level-level faktor terbaik pada eksperimen Taguchi. Hasil perhitungan dari data-data eksperimen konfirmasi, maka diperoleh *mean* sebesar 3,287 MPa dan SNR sebesar 9,439 MPa. Selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *mean* pada  $2,009 \text{ Mpa} \leq \mu_{\text{Confirmation}} \leq 4,565 \text{ Mpa}$  dan SNR pada  $-2,095 \text{ Mpa} \leq \mu_{\text{Confirmation}} \leq 8,670 \text{ Mpa}$ .

## V. KESIMPULAN

Faktor yang berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tekan *scaffold* meliputi rasio bubuk *hydroxyapatite* (HA), rasio bubuk gelatin, dan rasio *polyvynyl alcohol* (PVA). Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa *setting* level optimal berada pada rentan nilai kuat tekan tulang *cancellus* (2-12 MPa). Selang kepercayaan *mean* dan SNR untuk nilai optimal dan nilai konfirmasi saling berpotongan, sehingga eksperimen pembuatan *scaffold* dengan rasio bubuk *hydroxyapatite* (HA) sebesar 1, rasio bubuk gelatin sebesar 1, dan rasio bubuk *polyvynyl alcohol* (PVA) sebesar 0,15 dapat diterima.

## DAFTAR PUSTAKA

- Burden, A., Tanaka, Y., Xu, L., Ha, Y., Closskey, E. M., Cummings, S., & Gluer, C. (2021). Osteoporosis case ascertainment strategies in European and Asian countries: a comparative review. *Osteoporosis International* 32, 817-829. doi: <https://doi.org/10.1007/s00198-020-05756-8>.
- Damayanti, Mia Kristina. (2017). *Desain Parameter Eksperimen Untuk Optimasi Nilai Frangibility Factor Material Komposit Dengan Metode Taguchi Dan Neural Network*. (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

- Fitriyana, Nur. (2020). Karakteristik Scaffold Dental Gypsum Hidroksiapatit (DGHA) Dengan Kombinasi Silk Fibroin (SF) dan Gelatin (Dengan Metode Freeze Drying). (Skripsi). Universitas Jember, Jember, Indonesia.
- Herda, E., & Puspitasari, D. (2016). Tinjauan Peran Dan Sifat Material Yang Digunakan Sebagai Scaffold Dalam Rekayasa Jaringan. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, 1(5), 56-63.
- Kim, H., Yang, G. H., Choi, C. H., Cho, Y. S., & Kim, G. H. (2018). *Gelatin/PVA Scaffolds Fabricated Using a 3D Printing Process Employed with a Low-Temperature Plate for Hard Tissue Regeneration: Fabrication and Characterization*. *Internasional Journal of Biological Macromolecules* 120, 119-127.
- Mardiyah, S., & Sartika, R. A. (2014). Gangguan Kepadatan Tulang pada Orang Dewasa di Daerah Urban dan Rural. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional* Vol. 8, No. 6, 272 - 279.
- Narbat, Mehdi Kazemzadeh, et al. (2006). Fabrication of Porous Hydroxyapatite-Gelatin Composite Scaffolds for Bone Tissue Engineering in *Iranian Biomedical Journal* 10 (4), 215-223.
- Poernomo, H. (2019). TEKNIK BONE TISSUE ENGINEERING (BTE) UNTUK REGENERASI JARINGAN PERIODONTAL DAN ESTETIK PADA EDENTULOUS RIDGE. *Interdental Jurnal Kedokteran Gigi (IJKG)*: Vol.15, No.2 , 56-59.
- Setiadiputri, J.N.. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Biokomposit Hidroksiapatit-Alginat-Zinc Sebagai Bone Graft Untuk Penanganan Bone Defect. (Skripsi). Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.
- Suryaningsih. (2010). Desain Eksperimen Taguchi Dalam Menentukan Penyetelan Mesin Yang Optimal Dalam Proses Pengemasan Creamer Untuk Menghasilkan Kekuatan Seal Yang Terbaik. (Skripsi). Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.
- Tontowi, A. E., Anindyajati, A., Tangkudung, R., & Dewo, P. (2018). *Biocomposite of Hydroxyapatite/Gelatin/PVA for Bone Graft Application*. 1st International Conference on Bioinformatics, Biotechnology, and Biomedical Engineering (BioMIC) (pp. 1-6). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.