

Konferensi Nasional MATEMATIKA 20 21



PROSIDING

Konferensi Nasional Matematika XX
Tahun 2021

Dipublikasikan Online Pada :
Pattimura Proceeding: Conference of Science and Technology
e-ISSN : 2829-3770

Powered by
IndoMS



Organized by
Universitas Pattimura

PROSIDING

KONFERENSI NASIONAL MATEMATIKA XX

“Peranan Ilmu Matematika dalam Menjawab Tantangan Bangsa yang Semakin Kompleks dan Dinamis di Era Revolusi Industri 4.0”

Diterbitkan oleh Universitas Pattimura

@Hak Cipta dilindungi Undang-undang

e-ISSN: 2829-3770

DOI issue: <https://doi.org/10.30598/PattimuraSci.2021.KNMXX>

Dipublikasikan online pada:

Pattimura Proceeding: Conference of Science and Technology

Terindeks Oleh:



Mei 2022

Editor:

Dr. Harmanus Batkunde, S.Si, M.Si, Berny P. Tomasouw, S.Si, M.Si,
Taufan Talib, S.Pd., M.Si, M. I. Tilukay, S.Si, M.Si, Monalisa E. Rijoly, S.Si, M.Sc.
Z.A. Leleury, S.Si, M.Si, M. B. Mananggal, S.Pd., M.Pd., L. J. Sinay, S.Si, M.Sc.,
Y. A. Lesnussa, S.Si, M.Si. Vicardy Kempa, S.Si, M.Si. M. Yahya Matdoan, S.Si, M.Si.
Novalin C. Huwaa, S.Pd., M.Sc., D. L. Rahakbauw, S.Si, M.Si.

Design cover:

L. J. Sinay, S.Si, M.Sc

Ukuran: 29,7 x 21 cm

Tim *Reviewer*

1. Prof. Dr. Budi Nurani Ruchjana, M.S. (Universitas Padjajaran)
2. Prof. Dr. T. G. Ratumanan, M.Pd. (Universitas Pattimura)
3. Prof. Dr. W. Mataheru (Universitas Pattimura)
4. Dr. Eka Kurnia Lestari.(Universitas Singapebangsa)
5. Dr. Yundari. (Universitas Tanjungpura)
6. Dr. Delsi Kariman (STKIP PGRI Sumatera Barat)
7. Dr. Ch. Laamena. (Universitas Pattimura)
8. Dr. Moch Idris. (Universitas Lambung Mangkurat)
9. Dr. Daniel Salim. (Universitas Parahyangan)
10. Dr. Al Azhary Masta.(Universitas Pendidikan Indonesia)
11. Dr. Risnawita. (IAIN Bukittinggi)
12. Dr. Nicky K. Tumulun.(Universitas Negeri Manado)
13. Dr. Susilawati. (Politeknik Bengkalis Riau)
14. Dr. Debi Oktia Haryeni (Universitas Pertahanan)
15. Dr. Anderson Palinussa (Universitas Pattimura)
16. Dr. Harmanus Batkunde. (Universitas Pattimura)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Tim Reviewer	ii
Kata Pengantar	iii
Susunan Panitia KNM XX	iv
Daftar Isi	vii

ALJABAR

KLASIFIKASI TITIK KRITIS POLINOMIAL DUA VARIABEL BERDERAJAT TIGA Afif Humam	1 – 8
KAJIAN KEKUATAN \mathbb{Z} - MODUL \mathbb{Q} SEBAGAI INSPIRASI MUNCULNYA KONSEP DAN SIFAT DALAM TEORI MODUL Sri Wahyuni, Yunita Septriana Anwar, I Putu Yudi Prabhadika	9 – 14
GRAF PEMBAGI NOL DARI RING KOMUTATIF Maria Vianney Any Herawati	15 – 20
IDEAL TAK TEREDUKSI KUAT ATAS SEMIRING KOMUTATIF Fitriana Hasnani, Nikken Prima Puspita	21 – 26
BATAS ATAS PADA NORM – TAK HINGGA DARI INVERS MATRIKS NEKRASOV Eddy Djauhari	27 – 32
KOREPRESENTASI KOALJABAR $F[G]$ Na'imah Hijriati, Indah Emilia Wijayanti	33 – 40
HUBUNGAN SIFAT BERSIH PADA RING, MODUL, KOMODUL DAN KOALJABAR Nikken Prima Puspita, Indah Emilia Wijayanti, Budi Surodjo	41 – 50
KONTRAKSI PERTINGKATAN PADA PERTINGKATAN PAULI $\mathfrak{S}\mathfrak{L}(N, \mathbb{C})$ Reynald Saputra, Gantina Rachmaputri	51 – 60

ANALISIS

BUKTI ALTERNATIF INTERPOLASI KOMPLEKS RUANG LEBESGUE DENGAN EKSPONEN PEUBAH Dina Nur Amalina dan Denny Ivanal Hakim	61 – 66
SEGITIGA TITIK CIRCUMCENTER PADA MODIFIKASI TEOREMA NAPOLEON Yunisa Fadhilah Hartati, Mashadi	67 – 76
FUNGSI SIMETRI TERHADAP TITIK (a, b) DAN BEBERAPA SIFATNYA Firdaus Ubaidillah	77 – 82
INTERPOLASI KOMPLEKS RUANG MORREY-ADAMS DAN OPERATOR MAKSIMAL FRAKSIONAL Daniel Salim, Moch. Taufik Hakiki, Denny Ivanal Hakim	83 – 90
PENDEKATAN KALKULUS HIDA UNTUK PROSES HERMITE Herry Pribawanto Suryawan	91 – 98
KETAKSAMAAN HARDY DI RUANG HERZ HOMOGEN Pebrudal Zanu, Yudi Soeharyadi, Wono Setya Budhi1	99 – 106
OPERATOR KANTOROVICH PADA RUANG MORREY DIPERUMUM Mu'afa Purwa Arsana, Denny Ivanal Hakim	107 – 114
PERLUASAN DEFINISI RATA-RATA VIA TEOREMA NILAI RATA-RATA Mochammad Idris	115 – 124
SISTEM EIGEN OPERATOR LAPLACE BERBASIS RUAS PADA SUATU POHON KUANTUM Moh. Januar I. Burhan, Yudi Soeharyadi, Wono Setya Budhi	125 – 134

SUKU BANYAK BERNSTEIN DAN OPERATOR KANTOROVICH UNTUK BEBERAPA FUNGSI YANG TIDAK KONTINU Reinhart Gunadi, Denny I. Hakim	135 – 142
KETERBATASAN OPERATOR TIPE VOLTERRA PADA RUANG MORREY ANALITIK $L_{p,\lambda}$ Moch Taufik Hakiki, Wono Setya Budhi, dan Denny Ivanal Hakim	585 - 590
KOMBINATORIK	
PELABELAN GRACEFUL PADA GRAF SIPUT DAN GRAF UBUR-UBUR Kevin Akbar, Kiki Ariyanti Sugeng	143 – 148
DIMENSI METRIK LOKAL PADA GRAF FLOWER DAN GRAF GEAR KORONA GRAF LINTASAN Salma Fauziyah Ashim, Tri Atmojo Kusmayadi, Titin Sri Martini	149 – 154
PELABELAN GRACEFUL PADA GRAF LILIN Rizqi Rachmadhani, Kiki Ariyanti Sugeng	155 – 160
PELABELAN HARMONIS PADA GRAF SEGITIGA BELAH KETUPAT VARIASI LM_n Evi Maharani, Kurniawan Atmadja	161 – 164
PEWARNAAN SIMPUL r – DINAMIS PADA GRAF TERATAI T_n Audi Fierera, Kiki A. Sugeng	165 – 170
SIFAT-SIFAT GRAF CAYLEY GRUP S_n Afifan Hadi, Kiki Ariyanti Sugeng	171-176
PENDIDIKAN MATEMATIKA	
LKPD BERBASIS PENEMUAN TERBIMBING BERBANTUAN ALAT PERAGA PADA MATERI LUAS PERMUKAAN DAN VOLUME PRISMA DAN LIMAS Fithroh Nafa Dzillah, Latifah Mustofa Lestyanto	177 – 182
PENGEMBANGAN LEMBAR KEGIATAN SISWA DARING BERBASIS MODEL PENEMUAN TERBIMBING MENGGUNAKAN LIVEWORKSHEETS PADA MATERI PRISMA DAN LIMAS Sania Sururul Khususna, Latifah Mustofa Lestyanto, Eddy Budiono	183 – 188
PENGEMBANGAN LEMBAR KEGIATAN SISWA BERBASIS MASALAH BERBANTUAN GOOGLE FORM UNTUK PEMAHAMAN KONSEP SISWA KELAS VII SMP PADA MATERI SEGITIGA DAN SEGIEMPAT Herlin Oktavita, Latifah Mustofa Lestyanto2	189 – 194
EKSPLORASI ETNOMATEMATIKA PADA GELANG MANIK-MANIK KHAS DAYAK KALIMANTAN SEBAGAI SUMBER PENYUSUNAN LKPD Silvia	195 – 206
ANALISIS KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA DENGAN PEMBELAJARAN MODEL BRAIN BASED LEARNING BERBASIS LEARNING MANANGEMENT SYSTEM N. R. Mumtaz, M. Asikin	207 – 214
PENGEMBANGAN ASESMEN ALTERNATIF DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA KONTEKS LINGKUNGAN LAHAN BASAH UNTUK SISWA TINGKAT SMP/MTS Muhammad Rizal, Noor Fajriah, Agni Danaryanti	215 – 222
MATERI PENGAYAAN TEORI BILANGAN DASAR DI SEKOLAH DASAR Awanga Dijayangrana, Hilda Assiyatun	223-228
KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS TULIS MAHASISWA DALAM MENYELESAIKAN MASALAH VOLUME BENDA PUTAR MELALUI MODEL PERKULIAHAN KOLABORATIF Fadhila Kartika Sari, Anies Fuady	229 – 236
PERAN PENULISAN JURNAL DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA SECARA DARING DI MASA PANDEMI COVID-19	237 – 244

Gusti Firda Khairunnisa, Frida Siswiyanti	
ANALISIS KRUSKAL WALLIS UNTUK MENGETAHUI TINGKAT KOSENTRASI BELAJAR MAHASISWA BERDASARKAN PROGRAM STUDI	245 – 250
Venessa Y. A. Brabar, Grace A. V. Hikoyabi, Agustinus Langowuyo	
ANALISIS PENGARUH PEMANFAATAN INTERNET TERHADAP MINAT BELAJAR MAHASISWA PRODI STATISTIKA	251 – 258
Mariana Tanawani, Meilani Yarangga, dan Agustinus Langowuy	
PENGARUH PROSES BELAJAR MENGAJAR LURING DAN DARING TERHADAP HASIL BELAJAR MAHASISWA JURUSAN MATEMATIKA ANGAKATAN 2018 FMIPA UNIVERSITAS CENDERAWASIH	259 – 264
Dewi Rahmawati, Tiara A. Nadapdap, Agustinus Langowuyo	
PENILAIAN ESAI MENGGUNAKAN MODEL PEMBELAJARAN MESIN	265 – 270
Farah Qotrunnada, Marcus Wono Setya Budhi, Hilda Assiyatun	
PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BERBASIS ETNOMATEMATIKA BUDAYA MASYARAKAT NEGERI TULEHU PADA MATERI SEGIEMPAT DAN SEGITIGA UNTUK SISWA DI KELAS VII MTS NEGERI I MALUKU TENGAH.	271 – 276
Heni Rahim, W. Mataheru, J. Takaria	
PENERAPAN FUZZY LINEAR PROGRAMMING UNTUK OPTIMASI PRODUKSI TAHU (STUDI KASUS DI DESA TANJUNGREJO KABUPATEN JEMBER)	277 – 284
Anisa Wahyu Illahi, Agustina Pradjaningsih, Abduh Riski	
PENENTUAN SOLUSI FISIBEL AWAL MASALAH TRANSPORTASI DENGAN MINIMUM DEMAND METHOD	285 – 292
Ulniyatul Ula, Siti Khabibah, Robertus Heri S.U	
OPTIMALISASI RUTE DAN PENJADWALAN PENGANGKUTAN SAMPAH DENGAN METODE INSERTION HEURISTIC DAN INTRA- ROUTE IMPROVEMENT (STUDI KASUS: UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG)	293 – 298
Fara El Nandhita Pratiwi	
MODEL MATEMATIS RUTE WISATA DI RIAU DENGAN MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN GOL	299 – 312
Ihda Hasbiyati, Hasriati, T. P. Nababan	
MATEMATIKA TERAPAN	
MODEL SUSCEPTIBLE INFECTED RECOVERED (SIR) PADA DEMAM BERDARAH DENGUE (DBD)	313 – 320
Oscar Andhry Barata, Rahmat, Rengga Nanda Pramudya	
ANALISA PERSAMAAN DIFERENSIAL ORDE FRAKSIONAL NUMERIK MENGGUNAKAN METODE EULER DAN APLIKASINYA	321 – 326
Leli Deswita, Syamsudhuha, Asral. M	
TERAPAN FUNGSI SIGMOID UNTUK MENENTUKAN NILAI MAKSIMAL KOEFISIEN GAYA ANGKAT DAN SUDUT STALL PADAKURVA LINEAR C_L TERHADAP α	327 – 334
Angga Septiyana, Singgih Satrio W, Fuad Surastyo P, Try Kusuma Wardana, Ardian Rizaldi, Novita Atmasari, Eries Bagita Jayanti, Prasetyo Ardi P	
IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK KLASIFIKASI GAMBAR MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA BATIK SASAMBO	335 – 340
Muna Malika, Edy Widodo	
STATISTIKA	
PENERAPAN MODEL SPACE TIME AUTOREGRESSIVE INTEGRATED (STARI(1,1,1)) PADA DATA NTP TANAMAN PANGAN DARI TIGA PROVINSI DI PULAU JAWA	341 -350
Fajriatus Sholihah, Kartika Sari, Budi Nurani Ruchjana, Toni Toharudin	
ANALISIS KORESPONDENSI BERGANDA UNTUK MENGETAHUI INDIKATOR-INDIKATOR YANG MEMPENGARUHI KEJADIAN LOW BACK PAIN PADA KUSIR	351 - 358

KUDA/DELMAN DI KOTA CIMAH I TAHUN 2019	
Dhita Diana Dewi, Fajriatus Sholihah, Rosa Rosmanah, Lucy Fitria Dewi, Mochamad Yudhi Afrizal, Irlandia Ginanjar	
PROSES POISSON NON HOMOGEN DAN PENERAPANNYA PADA DATA BANYAKNYA ORANG TERKONFIRMASI POSITIF COVID-19 DI JAWA BARAT	359 – 362
Viona Prisyella Balqis, Muhammad Herlambang Prakasa Yudha, Budi Nurani Ruchjana	
PENERAPAN DISTRIBUSI STASIONER RANTAI MARKOV PADA DATA BANYAKNYA ORANG TERKONFIRMASI POSITIF COVID-19 DI JAWA BARAT	363 – 370
Tubagus Robbi Megantara, Ayun Sri Rahmani, Budi Nurani Ruchjana	
SPATIAL CLUSTER ING DENGAN METODE SKATER (K'LUSTER ANALYSIS BY TREE EDGE REMOVAL) UNTUK PENGELOMPOKAN SEBARAN COVID-19 DI KABUPATEN TULUNGAGUNG	371 – 380
Danang Ariyanto, Henny Pramodyo, Novi Nur Aini	
ANALISIS KLASTER KABUPATEN/KOTA INDONESIA BERDASARKAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DENGAN MODEL MIXTURE SKEW-T	381 – 388
Kristoforus Exelsis Pratama, Irwan Susanto, Yuliana Susanti	
ANALISIS INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI KABUPATEN BURU SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN REGRESI LINIER BERGANDA	389 – 396
Muhidin Jariyah, Inayah. P. F. Solong, Juan C. S. Jamco	
TINJAUAN KEPUTUSAN HIPOTESA FUZZY BERBASIS P-VALUE FUZZY (STUDI KASUS DATA COVID-19 DI NUSA TENGGARA BARAT)	397 – 404
Wahidaturrahmi	
PENERAPAN METODE AUTO SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS PADA PERAMALAN DATA INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN DI INDONESIA	405 – 410
Andreas Reza Chrisantama*, Winita Sulandari, Sugiyanto	
PERAMALAN JUMLAH PRODUKSI PERIKANAN DI KABUPATEN BURU SELATAN MENGGUNAKAN METODE PEMULUSAN EKSPONENSIAL	411 – 418
Asrul Irfanullah, Claudia Sumanik, Romy Makatita	
ANALISIS PENGARUH STRUKTUR KONSUMSI AKHIR RUMAH TANGGA BERDASARKAN KOMPONEN PENGELUARAN KABUPATEN BURU SELATAN PERIODE 2015 – 2019 DENGAN RAKL	419 – 424
Nikita A. Putiray, Dea M. Tuhumury, Angel M.P. Manuputty	
EKSPLORASI SISA USIA BEARING MENGGUNAKAN DISTRIBUSI WEIBULL	425 – 430
Sutawanir Darwis, Nusar Hajarisman, Suliadi, Achmad Widodo	
PENERAPAN MODEL VECTOR AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (VARIMA) UNTUK PRAKIRAAN INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN DAN KURS RUPIAH TERHADAP USD	431 – 442
Ani Pertiwi, Lucy Fitria Dewi, Toni Toharudin, Budi Nurani Ruchjana	
PENGELOMPOKKAN JUMLAH PENDUDUK KABUPATEN BURU SELATAN BERDASARKAN JENIS KELAMIN PADA TAHUN 2018 DENGAN ALGORITMA K-MEANS	443 – 450
Samin Radjid, Nadia Istifarin, Meylani Tuasella	
PENERAPAN METODE ARIMAX PADA PERAMALAN PRODUKSI DAGING SAPI DI SUKOHARJO	451 – 458
Fitrian Nur Ardyansyah, Winita Sulandari, Sugiyanto	
ANALISIS KEPUASAN DAN POSITIONING SELLER E-MARKETPLACE DENGAN MENGGUNAKAN IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS DAN BILOT	459 – 464
Farah Dibah, Dwi Endah Kusri	
KLASTERISASI LOKASI PASAR KABUPATEN BANYUMAS GUNA MEMPERMUDAH UPTD DALAM MENGELOLA KELAS PASAR	465 – 470
Pradini Nurul Safitri, Abdullah Ahmad Dzikrullah	

PENGARUH MOTIVASI INTRINSIK DAN KEPUASAN KERJA TERHADAP ORGANIZATIONAL CITIZENSHIP BEHAVIOR	471 – 476
Diya Kasih Puspitasari, Dwi Endah Kusrini	
KLASTERING JUMLAH PENDUDUK BERDASARKAN JENIS KELAMIN PADA KECAMATAN LEKSULA TAHUN 2018 DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA K-MEANS	477 – 484
Morensi T. Risakotta, Rensya Siwalette, Rola E. Leasa	
PERAMALAN DENGAN METODE SIMPLE MOVING AVERAGE DAN DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING BROWN (STUDI KASUS: JUMLAH CURAH HUJAN DAN JUMLAH HARI HUJAN KABUPATEN BURU SELATAN)	485 – 494
Apriano R. Narahawarin, Ravensky Silangen, Rahania Patiekon	
PERAMALAN GARIS KEMISKINAN KABUPATEN BURU SELATAN MENGGUNAKAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING DARI HOLT	495 – 502
Ade Irma La Murdani, Intan Gainau, Unique Resiloy	
ANALISIS PERBEDAAN PENDAPATAN TOKO WALET MAS SEBELUM DAN SESUDAH PANDEMI COVID-19 DENGAN METODE MANN-WHITNEY	503 – 508
Marselina Ema Koten, Yunida Kurniasih, Agustinus Langowuyo	
ANALISIS PENGARUH BELANJA DAERAH, JUMLAH PENDUDUK, DAN PDRB TERHADAP PENDAPATAN DAERAH DI KABUPATEN BURU SELATAN TAHUN 2013-2020	509 – 516
Dephie Latumahina, Martje Riry, Olfen Sabono	
UJI KECOCOKAN DISTRIBUSI RAYLEIGH BIVARIAT MENGGUNAKAN UJI KOLMOGOROV-SMIRNOV BIVARIAT PADA DATA HASIL PERTANDINGAN PERSIB BANDUNG	517 – 522
Wulan Jati Nuraya, Aceng Komarudin Mutaqin	
MODEL VECTOR AUTOREGRESSIVE INTEGRATED (VARI) UNTUK PERAMALAN BANYAKNYA KASUS TERKONFIRMASI DAN KASUS SEMBUH COVID-19 DI INDONESIA	523 – 532
Sri Indra Maiyanti, Mahrudinda, Al Fataa W. Haq, Budi Nurani Ruchjana	
MODEL VECTOR AUTOREGRESSIVE INTEGRATED (VARI) DAN PENERAPANNYA PADA DATA PERKEMBANGAN HARGA ECERAN BERAS DI TIGA IBU KOTA PROVINSI WILAYAH PULAU JAWA	533 – 544
Zulfa Hidayah Satria Putri, Asri Yuniar, Toni Toharudin, Budi Nurani Ruchjana	
PENERAPAN METODE REGRESI LINEAR BERGANDA UNTUK MELIHAT PENGARUH JUMLAH PENDUDUK DAN LUAS WILAYAH TERHADAP JUMLAH PENGGUNA LISTRIK DI KECAMATAN AMBALAU KABUPATEN BURU SELATAN	545 – 552
Fadly Ode, Nur Statib J, Elsy Malwewar	
ANALISIS TINGKAT KEGEMARAN AYAM GEPUK PAK GEMBUS DARI BERBAGAI JENIS PAKET MELALUI PENDEKATAN UJI STATISTIK	553 – 558
Maharani Tiara Pramuditya, Evan Claude Boudewijn Kainama, Agustinus Langowuyo	
SIMULASI PERGERAKAN HARGA SAHAM MENGGUNAKAN MODEL GERAK BROWN GEOMETRIK DENGAN R STUDIO	559 – 564
Ahmad Fawaid Ridwan, Rizki Apriva Hidayana, Budi Nurani Ruchjana	
PENAKSIRAN RATA-RATA <i>EXCESS CLAIM</i> PESERTA DARI PERUSAHAAN PEMBERI LAYANAN KESEHATAN PT. X	565 – 572
Wildan*, Indah Permatasari, and Aceng Komarudin Mutaqin	
PENGARUH SELF EFFICACY DAN MOTIVASI BELAJAR TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA KELAS VII SMP NEGERI 3 GANTUNG	573 – 584
Alperu, Nerru Pranuta Murnaka*, Indra Bayu M, Andy Wahyu H	

EKSPLORASI SISA USIA BEARING MENGGUNAKAN DISTRIBUSI WEIBULL

Sutawanir Darwis*, Nusar Hajarisman, Suliadi, Achmad Widodo

¹Program Studi Statistika, Universitas Islam Bandung, Bandung, Indonesia

²Departemen Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

*e-mail: std.darwis@gmail.com

Abstrak. *Bearing merupakan komponen penting dalam suatu sistem mekanikal, berperan sebagai elemen penghubung dua komponen mesin yang bergerak. Perawatan bearing merupakan aspek utama dalam kelangsungan operasional sistem. Vibrasi yang dihasilkan cacat pada bearing dimodelkan sebagai impulse, tingkat kerusakan dinyatakan oleh suatu fungsi konstan. Sisa usia bearing merupakan suatu indikator degradasi pada analisis survival bearing, didefinisikan sebagai ekspektasi residual diketahui survive hingga waktu t . Sisa umur telah dijabarkan untuk beberapa distribusi antara lain: eksponensial, gamma, Weibull. Penelitian model sisa usia bearing dengan asumsi distribusi Weibull merupakan masalah penelitian terbuka. Paper ini bertujuan meneliti pola sisa usia bearing sebagai fungsi dari parameter bentuk dan parameter skala. Parameter bentuk dan parameter skala ditaksir menggunakan data time to failure bearing menggunakan data real dan data simulasi. Model simulasi bearing merupakan fungsi dari geometri, laju bearing dan distribusi beban. Dengan nilai taksiran parameter diperoleh kurva sisa usia bearing digunakan sebagai prediksi sisa usia.*

Kata kunci: regresi Weibull AFT, simulasi getaran bearing, sisa usia bearing, taksiran parameter

1 LATAR BELAKANG

Cacat pada bearing memproduksi impuls menghasilkan resonansi pada bearing. Simulasi data run-to-failure dikonstruksi berdasarkan model single defect pada inner race bearing pada beban radial konstan. Terdapat empat frekuensi karakteristik berasosiasi dengan bearing: ball pass outer race (BPFO), ball pass inner race (BPFI), ball spin (BSF), fundamental train (FTF). Vibrasi yang dihasilkan cacat dimodelkan sebagai deret impuls. Distribusi beban disekitar keliling lingkaran direpresentasikan melalui suatu persamaan. Fitur seperti peak, kurtosis dan root mean square dapat dihitung untuk memonitor degradasi bearing terhadap waktu. Diasumsikan bahwa bearing lifetime mengikuti distribusi Weibull dengan parameter skala 3.500 jam dan parameter bentuk (shape) 5. Tingkat kerusakan bearing direpresentasikan melalui perkalian fungsi impuls dengan suatu konstanta. Bearing berotasi, impuls muncul secara periodik dengan frekuensi fungsi dari lokasi cacat. Distribusi beban disekeliling bearing dibawah beban radial dinyatakan oleh persamaan Stribeck [1]. Sinyal

bearing dengan cacat tunggal dinyatakan sebagai kombinasi dari impuls cacat, beban non-uniform, vibrasi bearing-induced, vibrasi machinery-induced [2].

Pronostia [3] merupakan platform eksperimental untuk pengujian metode terkait prognostik bearing. Pengukuran getaran bearing dilakukan pada frekuensi sampling tertentu. Suatu sistem pemantauan merupakan integrasi tujuh komponen: sensor, pengolahan sinyal, deteksi fault, diagnosis fault, decision support dan presentasi. Pengukuran dilakukan dalam selang 10 detik selama .1 detik, 2560 titik.

Distribusi Weibull dua parameter telah diadopsi oleh Lunberg & Palmgren untuk mendeskripsikan degradasi bearing [4]. Estimasi parameter berdasarkan sampel tunggal dikenal dengan metode grafik, plot antara fungsi distribusi empirik terhadap waktu failure. Model regresi Weibull dikembangkan untuk memodelkan time to failure sebagai fungsi dari kondisi operasi. Sisa usia bearing ditaksir dari kurva evolusi degradasi [5].

2 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian bertujuan mengeksplorasi pemodelan sisa usia bearing menggunakan regresi Weibull dengan kovariat speed dan load sebagai kondisi operasional. Simulasi getaran bearing diperoleh melalui model mekanika bearing pada beberapa kondisi kerusakan bearing. Data eksperimental getaran bearing pada tiga kondisi eksperimen dengan fitur kurtosis memberikan data time to failure. Informasi failure time dan invers regresi Weibull digunakan untuk menentukan sisa usia bearing

3 METODOLOGI

Model simulasi sinyal vibrasi pada selang ke-j untuk bearing ke-i diberikan oleh [1,2]

$$Z_j^i(t) = e^{j/g_i} \cdot W(t), j = 1, 2, \dots, T_i, i = 1, 2, \dots, n$$

dengan $W(t)$ menyatakan vibrasi bearing, e^{j/g_i} menyatakan faktor pertumbuhan, T_i menyatakan lifetime bearing ke-i. Vibrasi bearing dirumuskan sebagai

$$W(t) = [d(t)q(t)z(t)] * e(t) + n(t), n(t) \sim N(0, S^2)$$

Fungsi decay dengan faktor damping a dan ball pass frequency outer (BPFO)

$$e(t) = \sum_{k=-\infty}^a \exp\left(-a\left(t - \frac{k}{BPFO}\right)\right)$$

Getaran bearing pada kondisi ideal dengan frekuensi resonansi f_r

$$z(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \cos\left(2\pi f_r\left(t - \frac{k}{BPFO}\right)\right)$$

Distribusi beban radial dengan beban maksimum q_0 dinyatakan oleh persamaan

$$q(t) = q_0 \left[1 - \frac{1}{2e}(1 - \cos q)\right]^n, q = 2\pi f_s t$$

Getaran dihasilkan cacat tunggal dengan amplitudo d_0 dimodelkan sebagai deret takhingga

$$d(t) = d \sum_{k=-\infty}^{\infty} d \left(t - \frac{k}{\text{BPFO}} \right)$$

Model regresi Weibull

$$h(t) = l p t^{p-1}, \quad S(t) = \exp(-l t^p) = \exp\left[-(l^{1/p} t)^p\right]$$

$$\text{AFT: } l^{1/p} = \exp\left[-(a_0 + a_1 \times X)\right], \quad \text{PH: } l = \exp(b_0 + b_1 \cdot X)$$

Sisa usia dihitung dengan persamaan (Benkedjough et al., 2013)

$$\text{sisaj} = T^{\text{failure}} - t_j$$

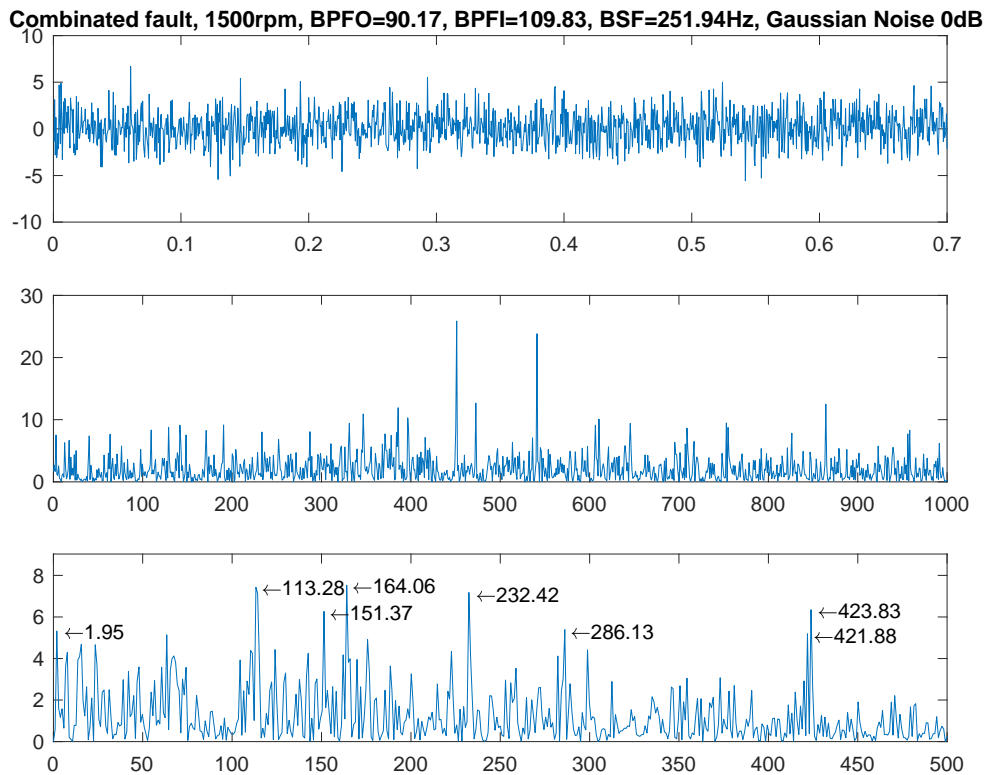
Waktu t_j dihitung melalui inversi regresi eksponensial $Y(t) = b_0 + b_1 e^{b_2 t}$

$$t_j = \frac{1}{b_2} \ln\left(\frac{Y_j - b_0}{b_1}\right)$$

dengan $Y(t)$ menyatakan fitur degradasi bearing; kurtosis atau root mean square (rms).

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi getaran bearing untuk kombinasi cacat BPFO, BPFI, BSF diperlihatkan pada Gambar 1. Diagram frekuensi memperlihatkan frekuensi bersesuaian dengan jenis cacat bearing. Tabel 1 memperlihatkan data time to failure pada tiga kondisi eksperimen. Tabel 2 memperlihatkan koefisien regresi Weibull untuk beberapa bearing. Diperoleh persamaan regresi Weibull time to failure dengan kovariat speed dan load. Inversi regresi Weibull dan failure time memberikan sisa usia bearing, dan diplot pada Gambar 2. Umumnya kurva prediksi berada dibawah kurva teoritis dan digunakan untuk memprediksi sisa usia bearing bila diketahui bearing telah digunakan dalam waktu tertentu



Gambar 1. Simulasi getaran bearing kombinasi tiga jenis cacat

Tabel 1. Time to failure tujuh belas bearing eksperimental Pronostia pada tiga kondisi eksperimental

Operating		
1. Speed = 1800 rpm, Load = 4000 N	2. speed = 1650 rpm, load = 4200 N	3. speed = 1500 rpm, load = 5000 N
1_1 : 28030	2_1 : 9110	3_1 : 5150
1_2 : 8710	2_2 : 7970	3_2 : 16370
1_3 : 23750	2_3 : 19550	3_3 : 4340 s
1_4 : 14280	2_4 : 7510	
1_5 : 24630	2_5 : 23110	
1_6 : 24480	2_6 : 7010	
1_7 : 22590 s	2_7 : 2300 s	

Regresi Weibull

$$h(t) = |pt^{p-1}|^{1/p} = \exp\left[-(a_0 + a_1X_1 + a_2X_2)\right]$$

$$b_0 = .857, b_1 = .004, b_2 = .0005, p = 2.089, \frac{1}{p} = .479$$

Regresi Weibull AFT:

$$h(t) = 2.089 | t^{1.089} |^{.479} = .857 + .004 \cdot \text{speed} + .0005 \cdot \text{load}$$

$$S(t) = \exp \left[- \left((.857 + .004 \times \text{speed} + .0005 \times \text{load}) t \right)^{2.089} \right]$$

Rataan speed 1650, rataan load 4400, diperoleh

$$\begin{aligned} S(t) &= \exp \left[- \left(\exp(.857 + .004 \times 1650 + .0005 \times 4400) t \right)^{2.089} \right] \\ &= \exp \left[- \left(\exp(9.657) t \right)^{2.089} \right] = \exp \left[- \left(15630.822 \times t \right)^{2.089} \right] \end{aligned}$$

Tabel 2. Taksiran parameter regresi eksponensial fitur kurtosis, H = horizontal, V = vertikal

Bearing	H/V	b_0	b_1	b_2	R^2
1_1	H	3.272	.013	.0002	.31
	V	.409	0	.001	.75
1_2	H	-83.376	149.61	0	.06
	V	-68.894	820.97	-.0003	.13
1_3	H	-334.7	7090	-47.668	.40
	V	-47.668	2.969	.0002	.21
1_4	H	-23.633	19.767	0	.17
	V	-117.6	9140	0	.10

Regresi eskponensial kurtosis bearing 1_1

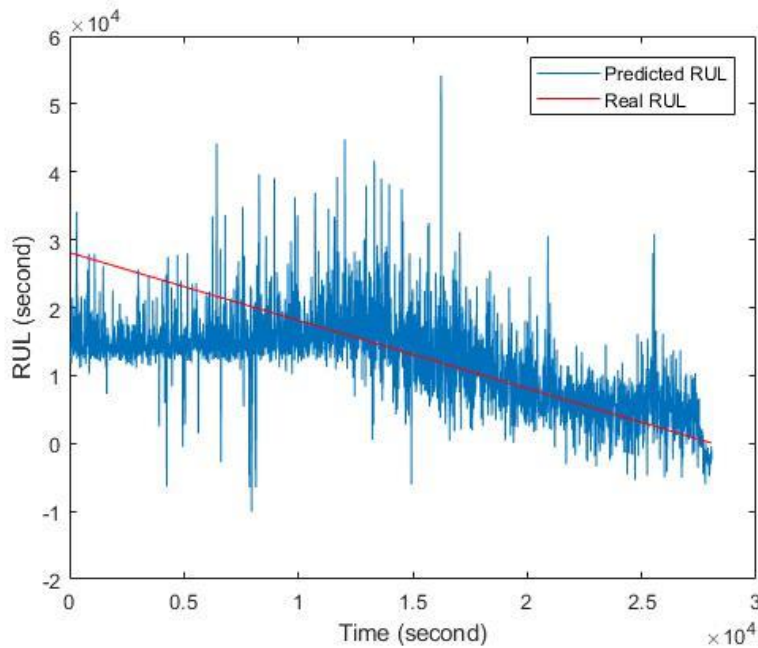
$$Y(t) = 3.272 + .0129 \cdot \exp(.0002t)$$

Invers regresi ekspensial memberikan

$$t_j = \frac{1}{.0002} \ln \left(\frac{Y_j - 3.272}{.0129} \right)$$

Sisa usia diberikan oleh rumus (Gambar 4.2)

$$\text{sis}_j = t_{\text{failure}} - t_j = 28030 - t_j$$



Gambar 2. Plot sisa usia bearing 1_1

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini membahas estimasi sisa usia bearing melalui kajian simulasi getaran bearing dan data eksperimental. Regresi eksponensial digunakan untuk menentukan sisa usia sebagai selisih waktu failure dan waktu sekarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang digunakan dapat digunakan untuk menentukan prediksi sisa usia bearing dengan faktor operasional berupa speed dan load. Aspek statistika data simulasi untuk menentukan time to failure bearing masih merupakan penelitian terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] McFadden P D and Smith J D, Model for the vibration produced by a single point defect in a rolling element bearing, *Journal of Sound and Vibration*, **96**(1), 69-82 (1984).
- [2] Zhang X, Kang J, Zhao J, Teng H. Bearing run-to-failure simulation for condition based maintenance, *Telkomnika Indonesian Journal of Electrical Engineering*, **12**(1) 514-519 (2014).
- [3] Nectoux P, Gouriveau R, Medjaher K, Ramasso E, Morello B, Zerhouni N, Varnier C, Pronostia: An experimental platform for bearing accelerated degradation tests, *IEEE Int Conf on Prognostics and Health Management PHM'12*, Denver Colorado USA (2012).
- [4] Harris T A, *Rolling bearing analysis*, 4th edition, John Wiley & Sons, New York (2001).
- [5] Susilo D D, Widodo A, Prahasto T and Nizam M, Prognostics of induction motor shaft based on feature importance support vector regression, *Int Journal of Automotive and Mechanical Engineering, IJAE*, **18**(1), 8464-8477 (2021).
- [6] Benkedjough T, Medjaher K, Zerhouni N, Rechak S., Remaining useful life estimation based on nonlinear feature reduction and support vector regression, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **26**(7), 1751-1760 (2013).

ISSN 2829-3770



9

772829

377007