UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengolahan Isyarat untuk Estimasi Laju Napas pada Radar Antena Jamak
Aisya Listiana Boemara, Dr. Iswandi, S.T., M. Eng. ; Ir. Sigit Basuki Wibowo, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR SINGKATAN xii
INTISARI xiii
ABSTRACT xiv
BAB I Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori 6
2.1 Tinjauan Pustaka 6
2.2 Dasar Teori 7
2.2.1 Sistem Pernapasan 7
2.2.1.1 Anatomi Paru-Paru Manusia 7
2.2.1.2 Mekanisme Pernapasan dan Dinamika Dinding Dada ... 8
2.2.1.3 Laju Pernapasan dan Metrologi Klinis 9
2.2.1.4 Pernapasan sebagai Isyarat Mekanis pada Radar 11
2.2.2 *Vital Sign Radar* dan Prinsip Kerjanya 11
2.2.3 Prinsip dan Model Isyarat *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW) 13
2.2.3.1 Diagram Blok Radar FMCW 13
2.2.3.2 Model Isyarat Transmit 15
2.2.3.3 Isyarat *Quadrature* (I/Q) 15
2.2.3.4 Model Isyarat Terima dan Isyarat IF 16
2.2.3.5 Parameter Jarak Radar FMCW 16
2.2.4 Representasi Isyarat IF dan Struktur Data 17
2.2.4.1 Informasi *Vital Sign* dalam Fase Isyarat IF 17
2.2.4.2 Struktur Data Radar FMCW 18

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengolahan Isyarat untuk Estimasi Laju Napas pada Radar Antena Jamak
Aisya Listiana Boemara, Dr. Iswandi, S.T., M. Eng. ; Ir. Sigit Basuki Wibowo, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.4.3 Tampilan Isyarat Mentah IF 18
2.2.5 Pemrosesan Isyarat Radar 19
2.2.5.1 Model Komponen Isyarat IF 19
2.2.5.2 *Fast Fourier Transform* (FFT) dan *Range-FFT* 19
2.2.5.3 Penghilangan *Clutter* Statis 21
2.2.5.4 Ekstraksi Fase dan *Phase Unwrapping* 22
2.2.5.5 *Bandpass Filter* (BPF) untuk Estimasi Laju Pernapasan (BR) 23
2.2.5.6 Metode Welch (Estimasi PSD) 23
2.2.5.7 Penapis Median (*Median Filter*) 24
2.2.5.8 Filter Savitzky-Golay 25
2.2.6 Teknik Kombinasi Antena 25
2.2.6.1 *Simple Averaging* 25
2.2.6.2 *Maximal Ratio Combining* (MRC) 26
2.2.6.3 *Diversity Gain* dan Batas Teoretis Penggabungan 27
2.2.7 Metrik Evaluasi dan Uji Statistik 27
2.2.7.1 *Mean Absolute Error* (MAE) 27
2.2.7.2 Uji Wilcoxon *Signed-Rank* 27
2.3 Analisis Perbandingan Metode 28
2.4 Pertanyaan Penelitian (*Research Question*) 29
BAB III Metode Penelitian 30
3.1 Alat dan Bahan Tugas Akhir 30
3.1.1 Alat Tugas Akhir 30
3.1.2 Bahan Tugas Akhir 30
3.2 Metode yang Digunakan 32
3.2.1 Pengaturan Parameter Radar 32
3.2.1.1 Struktur Berkas CSV dan Rekonstruksi Kubus Isyarat .. 35
3.2.2 Lapisan 1: Pembacaan Isyarat IF dan Transformasi Domain Jarak 36
3.2.3 Lapisan 2: Penghilangan *Clutter* Statis 37
3.2.4 Lapisan 3: Pemilihan *Range Bin* Adaptif dan Pembobotan Antena Berbasis SNR 37
3.2.5 Lapisan 4: Ekstraksi Fase dan *Phase Unwrapping* 39
3.2.6 Lapisan 5: Estimasi Laju Napas 40
3.3 Metode Evaluasi 41
3.4 Alur Tugas Akhir 42
3.4.1 Studi Literatur 42
3.4.2 Akuisisi dan Persiapan Dataset 43
3.4.3 Pemrosesan Isyarat 43
3.4.4 Evaluasi Hasil 43

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengolahan Isyarat untuk Estimasi Laju Napas pada Radar Antena Jamak
Aisya Listiana Boemara, Dr. Iswandi, S.T., M. Eng. ; Ir. Sigit Basuki Wibowo, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.5 Penulisan Dokumen 43
BAB IV Hasil dan Pembahasan 45
4.1 Hasil Penelitian 45
4.1.1 Hasil Pengaturan Parameter Radar 45
4.1.2 Hasil Lapisan 1: Pembacaan Isyarat IF dan Transformasi Domain Jarak 45
4.1.3 Hasil Lapisan 2: Penghilangan *Clutter* Statis 48
4.1.4 Hasil Lapisan 3: Pemilihan *Range Bin* Adaptif dan Pembobotan Antena Berbasis SNR 48
4.1.5 Hasil Lapisan 4: Ekstraksi Fase dan *Phase Unwrapping* 49
4.1.6 Hasil Lapisan 5: Estimasi Laju Napas 51
4.1.6.1 Pemfilteran *Bandpass* dan Estimasi Frekuensi 51
4.1.6.2 Estimasi pada Satu Antena dan Pasangan Antena 53
4.2 Analisis Statistik Perbandingan Antena 58
4.2.1 Analisis Per-Partisipan dan Mode Kegagalan 59
4.2.2 Implikasi untuk Desain Sistem Klinis 61
4.2.3 Validitas dan Reliabilitas Pengukuran 62
BAB V Kesimpulan dan Saran 63
5.1 Kesimpulan 63
5.2 Saran 63
DAFTAR PUSTAKA 65
LAMPIRAN L-1
L.1 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Antena 1 ..... L-1
L.2 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Antena 2 ..... L-2
L.3 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Antena 3 ..... L-3
L.4 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Antena 4 ..... L-4
L.5 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Pasangan Antena 1+2 ..... L-5
L.6 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Pasangan Antena 1+3 ..... L-6
L.7 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Pasangan Antena 1+4 ..... L-7
L.8 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Pasangan Antena 2+3 ..... L-8
L.9 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Pasangan Antena 2+4 ..... L-9
L.10 Hasil Estimasi Laju Napas Menggunakan Pasangan Antena 3+4 ..... L-10
L.11 Lampiran Kode Pemrosesan Sinyal untuk Estimasi Laju Napas menggunakan bahasa Python L-11