

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Antena Sebagai Perangkat Transisi [5] .....	19
<b>Gambar 2. 2</b> <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> [5] .....	21
<b>Gambar 2. 3</b> Polarisasi <i>Linear dan Circular</i> [5].....	23
<b>Gambar 2. 4</b> Polarisasi <i>Elips</i> [5].....	24
<b>Gambar 2. 5</b> Struktur Antena Mikrostrip [4].....	26
<b>Gambar 2. 6</b> Macam - Macam Bentuk <i>Patch</i> [5] .....	27
<b>Gambar 2. 7</b> Pencatuan <i>Feeding Line</i> dan <i>Coaxial Probe</i> [4].....	28
<b>Gambar 2. 8</b> Pencatuan <i>Aperture-coupled</i> dan <i>Proximity-coupled</i> [4] .....	29
<b>Gambar 2. 9</b> Desain Antena Satu Elemen .....	29
<b>Gambar 2. 10</b> <i>MIMO Diversity</i> [13] .....	32
<b>Gambar 2. 11</b> <i>MIMO Multiplexing</i> [14] .....	33
<b>Gambar 2. 12</b> Tampilan Aplikasi <i>CST Suite Studio 2019</i> .....	34
<b>Gambar 2. 13</b> <i>Vector Network Analyzer</i> [15] .....	34
<b>Gambar 3. 1</b> Alur penelitian .....	37
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Blok Perancangan Antena 1 Elemen .....	38
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Blok Perancangan Antena <i>MIMO</i> .....	39
<b>Gambar 3. 4</b> Desain Antena Mikrostrip <i>Triangular</i> Satu elemen sebelum optimasi (a) dan setelah optimasi (b).....	37
<b>Gambar 3. 5</b> Parameter <i>S1,1</i> dan <i>Bandwidth</i> Sebelum Optimasi .....	38
<b>Gambar 3. 6</b> Parameter <i>S1,1</i> dan <i>Bandwidth</i> Setelah Optimasi .....	38
<b>Gambar 3. 7</b> Parameter <i>VSWR</i> Sebelum Optimasi .....	39
<b>Gambar 3. 8</b> Parameter <i>VSWR</i> Setelah Optimasi .....	39
<b>Gambar 3. 9</b> Parameter <i>Gain</i> dan Direktifitasnya Sebelum Optimasi.....	39
<b>Gambar 3. 10</b> Parameter <i>Gain</i> dan Direktifitasnya Setelah Optimasi.....	40
<b>Gambar 3. 11</b> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Sejajar.....	40
<b>Gambar 3. 12</b> Parameter <i>S1,1</i> dan <i>Bandwidth</i> Antenna <i>MIMO</i> 4 Elemen Sejajar .....	41
<b>Gambar 3. 13</b> Parameter <i>VSWR</i> Antenna <i>MIMO</i> 4 Elemen Sejajar .....	42
<b>Gambar 3. 14</b> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan.....	43
<b>Gambar 3. 15</b> Parameter <i>S1,1</i> dan <i>Bandwidth</i> Antenna <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan.....	43

<b>Gambar 3. 16</b> Parameter <i>VSWR</i> Antenna <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan .....	44
<b>Gambar 3. 17</b> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Menyilang .....	46
<b>Gambar 3. 18</b> Parameter <i>S1.1</i> dan <i>Bandwidth</i> Antenna <i>MIMO</i> 4 Elemen Menyilang .....	46
<b>Gambar 3. 19</b> Parameter <i>VSWR</i> Antenna <i>MIMO</i> 4 Elemen Menyilang .....	47
<b>Gambar 3. 20</b> Antena Mikrostrip <i>Triangular</i> Satu Elemen Setelah Optimasi $\epsilon_r$ .....	50
<b>Gambar 3. 21</b> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Setelah Optimasi $\epsilon_r$ .....	51
<b>Gambar 3. 22</b> Skema Pengukuran Menggunakan <i>VNA</i> .....	53
<b>Gambar 4. 1</b> Antena Satu Elemen Yang Telah Difabrikasi.....	55
<b>Gambar 4. 2</b> Ilustrasi Pengukuran Menggunakan <i>VNA</i> .....	56
<b>Gambar 4. 3</b> Perbandingan Nilai Parameter <i>S1.1</i> Simulasi <i>CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	56
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil Parameter <i>S1.1</i> dan <i>Bandwidth</i> Pada Pengukuran <i>VNA</i> .....	57
<b>Gambar 4. 5</b> Hasil Parameter <i>VSWR</i> Pada Pengukuran <i>VNA</i> .....	58
<b>Gambar 4. 6</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi <i>H Plane</i> Cross Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	58
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi <i>H Plane</i> Cross Polar.....	59
<b>Gambar 4. 8</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi <i>H Plane</i> Co Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	59
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi <i>H Plane</i> Co Polar .....	60
<b>Gambar 4. 10</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi <i>E Plane</i> Cross Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	60
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi <i>E Plane</i> Cross Polar .....	61
<b>Gambar 4. 12</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi <i>E Plane</i> Co Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	61
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi <i>E Plane</i> Co Polar.....	62
<b>Gambar 4. 14</b> Perbandingan Polarisasi <i>H Plane</i> Antenna 1 Elemen.....	62
<b>Gambar 4. 15</b> Perbandingan Polarisasi <i>E Plane</i> Antenna 1 Elemen .....	63
<b>Gambar 4. 16</b> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Yang Telah Difabrikasi....	64
<b>Gambar 4. 17</b> Perbandingan <i>S1.1</i> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	65

<b>Gambar 4. 18</b> Perbandingan <i>VSWR</i> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	66
<b>Gambar 4. 19</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola radiasi H <i>plane cross</i> polar <i>Software CST</i> dan pengukuran <i>VNA</i> .....	67
<b>Gambar 4. 20</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi H <i>Plane Cross</i> Polar.....	67
<b>Gambar 4. 21</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi H <i>Plane Co</i> Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	68
<b>Gambar 4. 22</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi H <i>Plane Co</i> Polar .....	69
<b>Gambar 4. 23</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E <i>Plane Cross</i> Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	69
<b>Gambar 4. 24</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E <i>Plane Cross</i> Polar .....	70
<b>Gambar 4. 25</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E <i>Plane Co</i> Polar <i>Software CST</i> Dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	70
<b>Gambar 4. 26</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E <i>Plane Co</i> Polar.....	71
<b>Gambar 4. 27</b> Perbandingan Polarisasi H <i>Plane</i> Antenna <i>MIMO</i> Pada Port 1 ....	71
<b>Gambar 4. 28</b> Perbandingan Polarisasi E <i>Plane</i> Antenna <i>MIMO</i> Pada Port 1 ....	72
<b>Gambar 4. 29</b> Perbandingan <i>S1.1</i> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	73
<b>Gambar 4. 30</b> Perbandingan <i>VSWR</i> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	74
<b>Gambar 4. 31</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi H <i>Plane Cross</i> Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	74
<b>Gambar 4. 32</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi H <i>Plane Cross</i> Polar.....	75
<b>Gambar 4. 33</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi H <i>Plane Co</i> Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	75
<b>Gambar 4. 34</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi H <i>Plane Co</i> Polar .....	76
<b>Gambar 4. 35</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E <i>Plane Cross</i> Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	77
<b>Gambar 4. 36</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E <i>Plane Cross</i> Polar .....	77
<b>Gambar 4. 37</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E <i>Plane Co</i> Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	78
<b>Gambar 4. 38</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E <i>Plane Co</i> Polar.....	78

<b>Gambar 4. 39</b> Perbandingan Polarisasi H <i>Plane</i> Antenna <i>MIMO</i> Pada Port 1....	79
<b>Gambar 4. 40</b> Perbandingan Polarisasi E <i>Plane</i> Antenna <i>MIMO</i> Pada Port 1 ....	79
<b>Gambar 4. 41</b> Perbandingan S3.3 Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	80
<b>Gambar 4. 42</b> Perbandingan <i>VSWR</i> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	81
<b>Gambar 4. 43</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi H <i>Plane</i> Cross Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	82
<b>Gambar 4. 44</b> Grafik perbandingan pola radiasi H <i>plane</i> cross polar .....	83
<b>Gambar 4. 45</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi H <i>Plane</i> Co Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	83
<b>Gambar 4. 46</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi H <i>Plane</i> Co Polar .....	84
<b>Gambar 4. 47</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E <i>Plane</i> Cross Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	84
<b>Gambar 4. 48</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E <i>Plane</i> Cross Polar .....	85
<b>Gambar 4. 49</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E <i>Plane</i> Co Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	85
<b>Gambar 4. 50</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E <i>Plane</i> Co Polar .....	86
<b>Gambar 4. 51</b> Perbandingan Polarisasi H <i>Plane</i> Antenna <i>MIMO</i> Pada Port 3....	86
<b>Gambar 4. 52</b> Perbandingan Polarisasi E <i>Plane</i> Antenna <i>MIMO</i> Pada Port 3 ....	87
<b>Gambar 4. 53</b> Perbandingan S4.4 Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	88
<b>Gambar 4. 54</b> Perbandingan <i>VSWR</i> Antena <i>MIMO</i> 4 Elemen Berhadapan Pada Simulasi dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	89
<b>Gambar 4. 55</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi H <i>Plane</i> Cross Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	89
<b>Gambar 4. 56</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi H <i>Plane</i> Cross Polar.....	90
<b>Gambar 4. 57</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi H <i>Plane</i> Co Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	90
<b>Gambar 4. 58</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi H <i>Plane</i> Co Polar .....	91
<b>Gambar 4. 59</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E <i>Plane</i> Cross Polar <i>Software CST</i> dan Pengukuran <i>VNA</i> .....	92

<b>Gambar 4. 60</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E Plane Cross Polar .....	92
<b>Gambar 4. 61</b> Perbandingan Hasil Pengukuran Pola Radiasi E Plane Co Polar Software CST dan Pengukuran VNA .....	93
<b>Gambar 4. 62</b> Grafik Perbandingan Pola Radiasi E Plane Co Polar.....	93
<b>Gambar 4. 63</b> Perbandingan Polarisasi H Plane Antenna MIMO Pada Port 4....	94
<b>Gambar 4. 64</b> Perbandingan Polarisasi E Plane Antenna MIMO Pada Port 4 ....	94
<b>Gambar 4. 65</b> Perbandingan Hasil Simulasi Software CST dan Pengukuran VNA Pada S1.2.....	95
<b>Gambar 4. 66</b> Perbandingan Hasil Simulasi Software CST dan Pengukuran VNA Pada S1.3.....	96
<b>Gambar 4. 67</b> Perbandingan Hasil Simulasi Software CST dan Pengukuran VNA Pada S1.3.....	96
<b>Gambar 4. 68</b> Perbandingan Hasil Simulasi Software CST dan Pengukuran VNA Pada S2.3.....	97
<b>Gambar 4. 69</b> Perbandingan Hasil Simulasi Software CST dan Pengukuran VNA Pada S2.4.....	98
<b>Gambar 4. 70</b> Perbandingan Hasil Simulasi Software CST dan Pengukuran VNA Pada S3.4.....	98