

PERANCANGAN ALAT UKUR STRES MELALUI *GALVANIC SKIN RESPONSE* MENGGUNAKAN SISTEM MINIMUM *MICROCONTROLLER**

M. NAFIS MUDHOFFAR, CAECILIA SRI WAHYUNING, CAHYADI NUGRAHA

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: Nafismudhofar@hotmail.com

ABSTRAK

Timbulnya stres berdampak pada penurunan performansi kerja hingga gangguan kejiwaan. Pengukuran stres digunakan sebagai upaya pencegahan kerugian akibat stres, namun alat ukur stres yang telah tersedia di pasaran memiliki biaya yang mahal dan sulit diperoleh. Salah satu rancangan alat ukur stres yang telah dikembangkan sebelumnya, dirancang berdasarkan pengukuran Galvanic Skin Response (GSR), namun alat tersebut memiliki kesulitan pembacaan pada indeks analog. Pada penelitian ini dilakukan Pengembangan dengan menggunakan indeks digital, berbasis sistem minimum microcontroller yang mengacu pada kaidah lima fase perancangan dan pengembangan produk. Berdasarkan hasil eksperimen, rancangan alat ukur stres digital dapat secara valid dan sensitif dalam mengukur tingkat stres. Rancangan alat ukur stres digital lebih baik dibandingkan dengan alat ukur analog, karena lebih mudah dalam pembacaan hasil stres dengan waktu yang lebih efisien.

Kata Kunci: *Alat Ukur Stres, Galvanic Skin Response, Perancangan Produk, Microcontroller.*

ABSTRACT

Incidence of stress leads to a decrease in work performance to psychiatric disorders. Stress measurements are used as prevention of loss due to stress, but the stress measuring devices on the market that are expensive and difficult to find. One of the design stress measurement tool that has been developed previously, designed based on the measurement of the Galvanic Skin Response (GSR), but these tools have difficulty reading the analog index. In this research, development using digital index, based by minimum system of microcontroller which refers to the rules of the five phases of design and product development. Based on the experimental results, the design of digital stress measuring instrument can be valid and sensitive measure of stress levels. The design of a digital measuring instrument stress better than the analog measuring instrument, because it is easier in the reading of the results of the stress with time more efficiently.

Key Word: *Stress Measurement, Galvanic Skin Response, Product Design, Microcontroller*

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Stres menurut Cannon (1995), adalah salah satu reaksi tubuh ketika dihadapkan pada situasi yang tampak berbahaya. Akibatnya, tubuh akan memproduksi hormon *adrenaline* yang berfungsi untuk mempertahankan diri. Dampak terburuk dari stres yang berat adalah menurunnya performansi pekerjaan secara berkala, gangguan kesehatan yang berdampak pada pencernaan dan sistem imunitas tubuh, gangguan mental, hingga gangguan kejiwaan.

Guna menghindari kerugian yang ditimbulkan oleh stres, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengetahui indikasi stres dalam tubuh. Menurut Brannon (2000), pengukuran stres dapat dilakukan melalui indeks fisiologis, berupa mengamati tekanan darah, denyut jantung, *galvanic skins respons*, dan kecepatan pernapasan. Sedangkan untuk pengukuran indeks biokimia, dapat dilakukan dengan mengamati peningkatan sekresi glukokortikoid seperti kortisol, dan katekolamin seperti epinephrin. Hambatan pengukuran stres terdapat pada alat-alat yang tidak mudah diperoleh di pasaran. Harga yang mahal dan pengujian yang rumit membatasi penelitian dalam pengukuran stres.

Salah satu cara yang dilakukan untuk meneliti stres dengan biaya terjangkau adalah merancang alat ukur stres sederhana. Gunawan (2012) dalam perancangannya membuat alat ukur stres melalui *galvanic skin response* (GSR). Alat rancangannya menggunakan komponen elektronika dasar yang banyak tersedia di pasaran dengan harga relatif murah. Kekurangan rancangan alat ukur tersebut adalah relatif sulitnya pembacaan jarum multimeter, *display* analog yang digunakan dalam alat rancangannya juga menyulitkan kalibrasi titik nol besar pengukuran yang mengakibatkan ketidakakuratan pengukuran stres.

1.2 Identifikasi Masalah

Stres dapat menimbulkan berbagai kerugian. Pengukuran stres sejak dini dapat mencegah timbulnya stres yang lebih berat. Penelitian stres telah banyak dilakukan, namun alat ukur stres yang tersedia di pasaran memiliki harga yang mahal dan sulit diperoleh. Gunawan (2012) merancang alat ukur stres menggunakan komponen elektronika sederhana menggunakan multimeter analog sebagai indikator hasil pengukuran stres, namun alat rancangannya memiliki kekurangan dalam pembacaan hasil stres, salah satunya karena indeks analog menyulitkan pembacaan hasil stres tersebut.

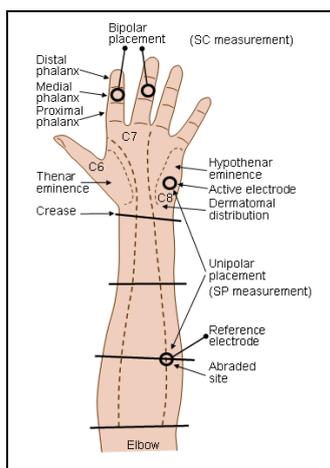
Berdasarkan kekurangan rancangan alat ukur stres Gunawan (2012), pengembangan yang dibutuhkan adalah mengubah indikator pembacaan hasil stres menjadi lebih mudah. Pengembangan lain yang dilakukan adalah mengoptimasi kebolehan alat ukur stres dalam membaca stres, berupa kecepatan pembacaan stres, serta optimasi rangkaian elektronik yang terdapat pada sistem alat ukur.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Stres

Pengertian stres menurut Handoko (1997), adalah suatu kondisi ketegangan yang mempengaruhi emosi, proses berpikir, dan keadaan fisik atau psikis manusia karena adanya tekanan dari dalam ataupun dari luar diri seseorang yang dapat mengganggu aktivitas mereka. Stres dapat mempengaruhi segala perubahan di dalam tubuh. Perubahan yang terjadi akibat stres dapat berdampak pada perasaan hingga kesehatan, dan dapat diketahui melalui perubahan aktivitas konduktansi listrik di dalam kulit, tekanan darah, jantung, dan kecepatan pernafasan.

Galvanic skin response (GSR) menurut Sofwan (2008), adalah perubahan psikologis pada kulit akibat dari perubahan aktivitas kelenjar keringat, dimana kelenjar keringat akan aktif bila tubuh berada dalam kondisi stres, atau berada pada kondisi tertekan. GSR dapat digunakan sebagai indikator ukur stres dengan input sentuhan kulit sebagai obyek pengukuran stres. Kulit manusia menurut Rokhana (2009), menunjukkan berbagai bentuk fenomena bioelektrik khususnya pada daerah jari-jari, telapak tangan dan telapak kaki. Hal ini disebabkan jumlah serabut syaraf *sensory unit* pada jaringan bawah kulit daerah jari-jari, telapak tangan, dan kaki, jauh lebih banyak dibandingkan di organ-organ lain. Sehingga pada pengukuran bio sinyal *galvanic skin response*, elektrode pengukuran ditempatkan lebih baik melalui dua jari tangan (jari tengah dan jari telunjuk). Gambar 1 menunjukkan area dari fungsi-fungsi respon elektrodermal pada tangan.



Gambar 1. Area Respon Elektrodermal Pada Tangan

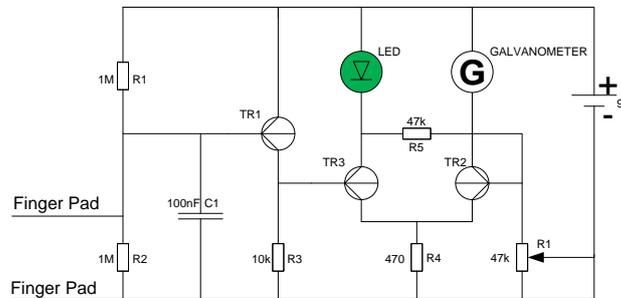
2.2 Perancangan Dan Pengembangan Produk

Perancangan produk menurut Cross (1994), adalah kegiatan membuat suatu material menjadi sebuah produk yang memiliki nilai jual. Perancangan produk memiliki berbagai serangkaian yang dapat memberikan nilai ekonomis, serta berguna bagi konsumen kepada material yang dirancangnya. Menurut Ulrich (2004), perancangan dan pengembangan produk sejatinya melewati beberapa proses dalam pengimplementasiannya. Proses-proses tersebut melewati beberapa langkah sistematis dan dikategorikan kedalam fase-fase perancangan dan pengembangan produk.

1. Fase 0 : Perencanaan Produk
Mencakup kegiatan merencanakan rancangan produk
2. Fase 1 : Pengembangan Konsep
Mencakup kegiatan pengembangan perencanaan rancangan produk
3. Fase 2 : Perancangan Tingkat Sistem
Mencakup uraian produk dalam subsistem dan komponen penunjang
4. Fase 3 : Perancangan Detail
Mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, toleransi, dan fitur
5. Fase 4 : Pengujian dan Perbaikan
Mencakup pengujian kebolehan dan perbaikan dari pengujian tersebut
6. Fase 5 : Peluncuran Produk
Merupakan pengenalan produk kepada masyarakat apabila telah melewati lima fase sebelumnya, dan siap dipasarkan melalui iklan dan promosi.

Dalam perancangan ini, fase yang akan digunakan hanya sampai fase ke-4 yaitu pengujian dan perbaikan. Karena perancangan alat ukur stres ini belum akan dipasarkan bagi masyarakat luas dan diproduksi secara massal.

Gunawan (2012) dalam perancangannya membuat alat ukur stres pada *Galvanic Skin Response* (GSR) yang mengacu pada konsep desain *lie detector* dengan indeks analog sebagai penunjuk besaran stres yang diukur. Objek ukur stres menggunakan sentuhan jari tangan, yang hasil pengukurannya diketahui melalui multimeter analog. Gambar 2 berikut merupakan rangkaian elektrik hasil dari rancangan alat ukur stres yang dilakukan oleh Gunawan (2012).

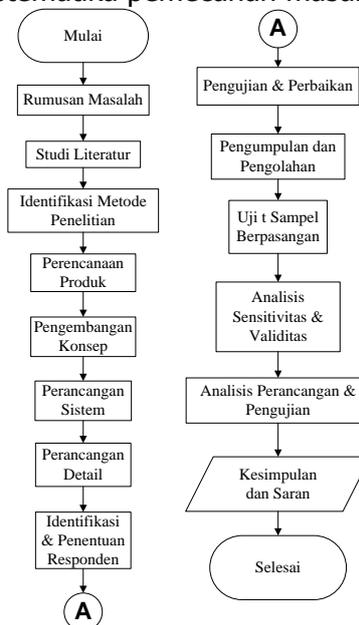


Gambar 2. Rangkaian Elektrik Rancangan Gunawan (2012)

Sistem minimum *microcontroller* menurut Heryanto (2007), merupakan suatu rangkaian yang dirancang dengan menggunakan komponen-komponen seminimum mungkin untuk mendukung kerja *microcontroller* sesuai yang dikehendaki perancang. Sistem minimum *microcontroller* memiliki pendukung *input-output* yang dapat diprogram dan memiliki RAM *on-chip*. Sistem minimum dapat dirancang sangat fleksibel tergantung aplikasi yang dibuat.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 3 berikut merupakan sistematika pemecahan masalah dalam perancangan.



Gambar 3. Sistematika Pemecahan Masalah

Alur penelitian dalam perancangan alat ukur stres ini adalah sebagai berikut:

1. Tahapan Rumusan Masalah: Mengembangkan alat ukur stres rancangan Gunawan (2012) berdasarkan kekurangannya.
2. Tahapan Studi Literatur: Studi literatur memuat tentang Ergonomi dan Perancangan dan Pengembangan Produk

3. Tahapan Identifikasi Metode Penelitian: Pengembangan alat ukur stres dilakukan berdasarkan kaidah lima fase perancangan dan pengembangan produk Ulrich (2004).
4. Tahapan Perencanaan Produk: *Galvanic Skin Response* (GSR) dari sentuhan tangan digunakan sebagai obyek pengukuran.
5. Tahapan Pengembangan Konsep: Pengembangan mengubah *display* penunjuk stres dari indeks analog menjadi indeks digital.
6. Tahapan Perancangan Sistem: Sistem yang digunakan adalah komponen elektronik dan sistem minimum *microcontroller*.
7. Tahapan Perancangan Detail: Membuat detail-detail menggunakan matriks kebutuhan perancangan produk.
8. Tahapan Pengujian dan Perbaikan: Pengujian dilakukan berupa mengukur stres, dan membandingkan hasil pengukuran alat ukur digital dengan alat ukur analog, dan mengolah data tersebut menggunakan uji statistika.
9. Tahapan Analisis: Menganalisis hasil perbandingan uji kedua alat ukur, hasil uji validitas, pengujian sensitivitas, analisis hasil rancangan, analisis biaya perancangan, serta analisis pengukuran.
10. Tahapan Kesimpulan dan Saran: Menyimpulkan seluruh hasil perancangan, dan saran bagi pengembangan yang lebih baik.

4. PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

4.1 Pengembangan Konsep

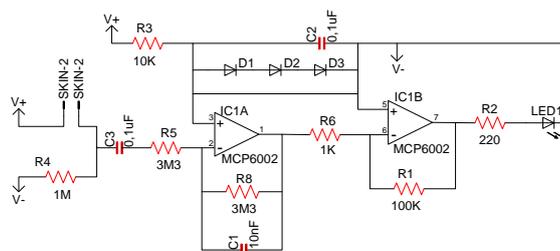
Pengembangan konsep dilakukan berdasarkan kekurangan alat ukur stres analog, Tabel 1 berikut merupakan pengembangan yang dilakukan pada alat ukur stres digital.

Tabel 1. Pengembangan Desain Alat Ukur Stres

No	Kekurangan Alat Rancangan Gunawan (2012)	Penyebab	Pengembangan
1	Sulit pembacaan tingkat stres	Alat ukur menggunakan indeks analog	Alat ukur diganti menggunakan indeks digital
2	Rangkaian elektrik mudah lepas	<i>Protoboard</i> merupakan <i>base</i> rangkaian listrik semi permanen dan mudah lepas	<i>Base</i> rangkaian elektrik diganti menggunakan papan PCB yang permanen
3	Jarum indeks analog sering bergeser	Jarum pada indeks analog sangat sensitif terhadap getaran/guncangan	Indeks digital tidak mudah bergeser meskipun terkena getaran/guncangan
4	Skala pembacaan alat ukur tidak mudah dipahami	Indikator stres hanya ditunjukkan oleh LED	Akan dilengkapi dengan penjelasan penggunaan alat
5	Tidak terdapat skala pengukuran stres	Rentang kondisi stres hanya diamati dari 0 hingga 9 pada multimeter	Akan ditambahkan skala kondisi mental yang dikeluarkan oleh alat ukur

4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dimulai dengan mengembangkan rangkaian elektronik agar dengan fungsi sistem minimum. Gambar 4 berikut merupakan rangkaian pengembangan sistem elektronik.



Gambar 4. Rangkaian Pengembangan Sistem Elektrik

4.4 Pengujian Dan Perbaikan

Pengujian dilakukan terhadap sampel mahasiswa yang mengikuti UAS sebanyak 21 responden. Pengujian yang dilakukan berupa melakukan pengukuran menggunakan alat ukur digital dan alat ukur analog, dan dilakukan perbandingan dari hasil kedua pengukuran alat ukur stres tersebut untuk pengujian validitas menggunakan uji Wilcoxon. Tabel 3 dan Tabel 4 berikut merupakan hasil pengujian Wilcoxon pada sebelum dan setelah ujian berlangsung.

Tabel 3. Pengujian Validitas Kedua Alat Ukur Sebelum UAS

Responden	Digital	Analog	Selisih	Absolut	No. Urut	Rank	Rank +	Rank -	
5	6,72	6,72	0,00	0,00					
13	6,79	6,80	0,01	0,01	1	2,5	2,5		
19	6,59	6,60	0,01	0,01	2	2,5	2,5		
14	6,12	6,13	0,01	0,01	3	2,5	2,5		
17	6,61	6,60	-0,01	0,01	4	2,5		2,5	
3	6,02	6,00	-0,02	0,02	5	5,5		5,5	
15	6,77	6,79	0,02	0,02	6	5,5	5,5		
1	6,77	6,80	0,03	0,03	7	7	7,0		
4	6,44	6,40	-0,04	0,04	8	8,5		8,5	
20	6,76	6,80	0,04	0,04	9	8,5	8,5		
16	7,14	7,20	0,06	0,06	10	10	10		
11	6,53	6,60	0,07	0,07	11	11	11		
2	6,52	6,60	0,08	0,08	12	12	12		
21	6,70	6,80	0,10	0,10	13	13,5	13,5		
6	7,10	7,20	0,10	0,10	14	13,5	13,5		
8	6,09	6,20	0,11	0,11	15	15	15		
10	6,68	6,80	0,12	0,12	16	16,5	16,5		
18	6,92	6,80	-0,12	0,12	17	16,5		16,5	
12	7,34	7,20	-0,14	0,14	18	18	18		
9	6,03	6,20	0,17	0,17	19	19	19		
7	6,83	6,60	-0,23	0,23	20	20		20	
TOTAL							139	71	

Tabel 4. Pengujian Validitas Kedua Alat Ukur Setelah UAS

Responden	Digital	Analog	Selisih	Absolut	No. Urut	Rank	Rank +	Rank -	
20	7,21	7,22	0,01	0,01	1	1	1		
3	6,58	6,60	0,02	0,02	2	2,5	2,5		
6	7,22	7,20	-0,02	0,02	3	2,5		2,5	
18	7,04	7,00	-0,04	0,04	4	4		4	
12	7,35	7,40	0,05	0,05	5	5	5		
5	7,89	7,82	-0,07	0,07	6	6		6	
17	7,52	7,60	0,08	0,08	7	7	7		
7	6,89	6,80	-0,09	0,09	8	8,5		8,5	
8	7,31	7,40	0,09	0,09	9	8,5	8,5		
11	7,48	7,60	0,12	0,12	10	10,5	10,5		
19	6,68	6,80	0,12	0,12	11	10,5	10,5		
10	6,74	6,60	-0,14	0,14	12	12		12	
13	7,17	7,00	-0,17	0,17	13	13		13	
21	6,99	7,20	0,21	0,21	14	14	14		
2	7,42	7,20	-0,22	0,22	15	15,5		15,5	
9	6,62	6,40	-0,22	0,22	16	15,5		15,5	
15	6,16	6,40	0,24	0,24	17	17	17		
1	7,54	7,80	0,26	0,26	18	18	18		
16	7,50	7,80	0,30	0,30	19	19	19		
4	6,49	6,80	0,31	0,31	20	20	20		
14	7,43	7,00	-0,43	0,43	21	21		21	
TOTAL							133	98	

Analisis data dalam uji Wilcoxon dilakukan dengan menghitung selisih hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital dan alat ukur analog. Pengurutan yang dilakukan dalam uji tersebut diperoleh dari urutan nilai baris absolut, dari nilai selisih terkecil, hingga terbesar. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian statistik menggunakan uji Wilcoxon, alat ukur stres digital memiliki hasil yang sama dengan alat ukur analog dengan hasil $T_{hitung} \geq t_{tabel}$ Wilcoxon ($71 \geq 68$ untuk sebelum ; $98 \geq 68$ untuk sesudah). Alat ukur digital bernilai valid dalam mengukur stres terhadap responden.

5. ANALISIS HASIL RANCANGAN DAN PENGUJIAN

Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui sensitivitas alat ukur dalam mengukur stres. Pengujian sensitivitas dilakukan dengan hipotesis menggunakan uji t-sampel berpasangan. Tabel 5 berikut merupakan perhitungan uji t-sampel berpasangan.

Tabel 5. Uji t-Sampel Berpasangan

Sampel (i)	Pengamatan Sebelum (xi)	Pengamatan Sesudah (x'i)	di (xi-x'i)	di ² (xi-x'i) ²
1	6,77	7,54	0,77	0,5929
2	6,52	7,42	0,90	0,81
3	6,02	6,58	0,56	0,3136
4	6,44	6,49	0,05	0,0025
5	6,72	7,89	1,17	1,3689
6	7,10	7,22	0,12	0,0144
7	6,83	6,89	0,06	0,0036
8	6,09	7,31	1,22	1,4884
9	6,03	6,62	0,59	0,3481
10	6,68	6,74	0,06	0,0036
11	6,53	7,48	0,95	0,9025
12	7,34	7,35	0,01	1E-04
13	6,79	7,17	0,38	0,1444
14	6,12	7,43	1,31	1,7161
15	6,77	6,16	-0,61	0,3721
16	7,14	7,50	0,36	0,1296
17	6,61	7,52	0,91	0,8281
18	6,92	7,04	0,12	0,0144
19	6,59	6,68	0,09	0,0081
20	6,76	7,21	0,45	0,2025
21	6,70	6,99	0,29	0,0841
			9,76	9,348

- Rataan $\bar{d} = \frac{9,76}{21} = 0,464$
- Simpangan Baku $S_d = \sqrt{\frac{9,348 - (9,76)^2/21}{21-1}} = 0,490$
- t Hitung $t = \frac{0,464}{0,490/\sqrt{21}} = 4,342$
- $v = n - 1 \sim 21 - 1 = 20$
- Nilai $t_{\text{tabel}(20 ; 0,05)} = 1,725$

Berdasarkan hasil uji hipotesis t sampel berpasangan untuk sensitivitas, t_{hitung} memiliki nilai lebih besar dari nilai t_{α} ($4,342 > 1,725$). Hal ini menunjukkan bahwa alat ukur rancangan dapat mengukur perubahan mental terhadap responden dengan baik.

Microcontroller diprogram untuk mengunci hasil pengukuran selama 5 detik setelah tangan menyentuh *finger pad*. Berbeda dengan multimeter analog, jarum penunjuk besaran stres akan kembali ke nilai nol setelah tangan tidak menyentuh *finger pad*. Dalam hal waktu, pengukuran menggunakan alat ukur rancangan dinilai lebih efisien.

Biaya perancangan alat ukur digital sebanyak Rp 265.500,- lebih mahal dibandingkan dengan alat ukur analog yang menghabiskan biaya sebanyak Rp 208.000,- namun alat ukur stres digital dapat menghasilkan pengukuran yang lebih akurat dibandingkan dengan alat ukur stres analog, karena menggunakan indeks digital yang lebih mudah dipahami.

Biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat ukur digital lebih murah dibandingkan dengan alat ukur stres yang terdapat di pasaran. Tabel 6 berikut adalah hasil perbandingan harga alat ukur stres.

Tabel 6. Perbandingan Harga Alat Ukur Stres

No	Alat Ukur	Harga Estimasi (Tahun 2014)
1	Pengukur Tensi	Rp 510.000,-
2	Polar Meter	Rp 854.000,-
3	Respirometer	Rp 690.000,-
4	Cocoro Meter	Rp 1.850.000,-
5	Pengujian Laboratorium	Harga mulai Rp 900.000,-
6	Alat Ukur Rancangan	Rp 265.500,-

Pengukuran stres menggunakan alat ukur analog dan alat ukur digital, diperoleh hasil yang sesuai. Perbedaannya hanya sebesar 0,08 volt pada pengukuran sebelum, dan 0,06 volt pada pengukuran sesudah. Hal ini bisa disebabkan oleh lingkungan ketika pengukuran berlangsung, karena pengukuran dilakukan ditempat terbuka. Meskipun demikian, berdasarkan hasil hipotesis menggunakan uji Wilcoxon menyatakan bahwa hasil eksperimen menggunakan kedua alat ukur tidak memiliki perbedaan, dan perbedaan hasil volt pada kedua alat ukur tersebut dapat diabaikan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perancangan ini berupa, alat ukur rancangan lebih mudah dioperasikan, karena menggunakan indeks digital yang lebih mudah dibaca. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat ukur lebih murah dibandingkan dengan membeli alat ukur stres yang sudah ada.

Alat ukur rancangan dapat secara sensitif membaca perubahan stres responden, dan memiliki nilai yang valid. Perancangan alat ukur stres melalui *galvanic skin response* (GSR) berbasis *microcontroller* memudahkan dalam interpretasi kondisi stres.

6.2 Saran

Saran yang dapat diajukan bagi pengembangan rancangan alat ukur stres adalah sebagai berikut:

1. Pengujian validitas untuk alat ukur sebaiknya dibandingkan dengan alat ukur yang telah teruji secara valid dalam mengukur stres.
2. Perancangan detail, berupa pemakaian desain rangkaian *unibody* dibutuhkan untuk penambahan nilai estetika dalam perancangan produk.
3. Dibutuhkan perancangan alat ukur stres yang langsung terintegrasi dengan komputer, sehingga *output* dari pengukuran stres dapat lebih efektif dan efisien dalam pengolahan dan analisis data stres yang diamati.

REFERENSI

- Brannon dan Linda, 2000. *Health Psychology: An Introduction to Behavior and Health, 7th Edition*. Cengage Learning. Amerika.
- Cannon, W., 1997. *The James-Lange Theory of Emotions: A Critical Examination and an Alternative Theory*. The American Journal of Psychology.
- Cross, N., 1994. *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*. John Wiley & Sons. America.
- Gunawan, E., 2012. *Rancangan Alat Ukur Galvanic Skin Response Menggunakan Konsep Hirarki Chart*. TI-Itenas. Bandung.
- Handoko, H., 1997. *Stres dan Kepuasan Kerja*. Bina Pressindo. Yogyakarta.
- Heryanto, A., 2007. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*. Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- Rokhana, R., 2009. *Ekstraksi Fitur Bio Sinyal Galvanic Skin Response Untuk Klasifikasi Emosi Manusia*. Politeknik Elektronika Negeri, Surabaya.
- Sofwan, M., 2008. *Perangkat Monitor Stres Berdasarkan GSR dan Tekanan Darah*. Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- Ulrich dan Eppinger, 2004. *Product Design And Development*. McGraw-Hill Education. New York.