

Pengembangan Alat Pengajaran Kontrol Elektropneumatik Portabel Berstandar Industri

Nuryanti, Ridwan, Hendy Rudiansyah

Teknik Otomasi dan Mekatronika Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
nuryanti@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Saat ini Polman Bandung sering melayani permintaan pelatihan atau asesmen di industri atau di luar laboratorium dalam bidang elektropneumatik. Produk ajar elektropneumatik yang ada sekarang relatif mahal dan berdimensi besar. Selain itu meja penyimpanan alatnya serta dudukan khusus peralatan pneumatik masih dibuat khusus oleh pabrik. Sehingga alat pengajaran pneumatik memiliki dimensi yang besar dan berat. Untuk kepentingan didaktif yang menekankan aspek pemahaman prinsip kerja dan peningkatan keterampilan tangan (*hands-on*) tentunya sangat membutuhkan media ajar interaktif yang mudah untuk dibawa ke industri atau tempat pelaksanaan pelatihan yang berada di luar kampus. Jika membawa media ajar pneumatik yang berukuran besar tentu akan mempersulit proses pengantarnya. Oleh karena itu telah dilakukan perancangan hingga mengimplimentasikannya dalam sebuah produk pengajaran elektropneumatik industri yang mudah dibawa kemana-mana *portable*. Dalam proses pengembangan produk ini berdasarkan pada penelitian dengan pengumpulan data baik data teknis maupun data didaktiknya yang berdasar dari literatur maupun pengalaman industri, untuk kemudian produk tersebut divalidasi fungsinya maupun unsur pendekatan ke pengguna dengan menggunakan metode Kano. Adapun implementasi produk ajar elektropneumatik *portable* dilengkapi dengan aktuator silinder dengan sensor magnet *reed switch*, pensaklaran, *proximity* sensor, *solenoid valve*, *service unit*, dan beberapa relay. Berdasarkan data primer yaitu analisa Kano lewat kuesioner ke pengguna langsung menunjukkan tingkat kepuasan pemakaian dalam hal kepraktisan termasuk ke dalam kategori *One Dimensional*. Dimana menunjukkan hasil bahwa kepuasan pengguna berbanding lurus dengan kinerja alat. Dengan demikian Produk ajar elektropneumatik *portable* memiliki potensi menjadi produk unggulan.

Kata Kunci: elektropneumatik, teaching aid portable, analisa Kano

I. PENDAHULUAN

Elektropneumatik merupakan salah satu bidang ilmu yang sangat dibutuhkan dalam era otomasi industri. Pneumatik menjadi salah satu sistem yang penting karena non toksik dan non inflammable. Banyak industri yang sensitive terhadap toksik seperti industri obat-obatan dan makanan serta non inflammable seperti industri-industri yang banyak menggunakan penyemprotan cat dimana kondisi panas sekecil apapun dapat menimbulkan bahaya percikan api memilih

pneumatik untuk menggerakkan komponen otomasinya. Elektropneumatik adalah sistem pneumatik yang menggunakan sistem elektrik untuk mengatur perjalanan fluida udara melalui katup-katup solenoidnya yang dapat dihubungkan dengan PLC sehingga proses otomasi dapat dilakukan dengan kecepatan dan presisi yang tinggi. Oleh karena itu Elektropneumatik menjadi salah satu mata kuliah inti terutama pada Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung. Dikarenakan proses pembelajaran elektropneumatik tidak hanya

mendalami konsep teori tapi juga dituntut untuk meningkatkan keterampilan tangan (*hands-on*). Mahasiswa dituntut untuk berlatih merancang konsep sistem elektropneumatik dari kasus-kasus otomasi real di industry sampai merangkai instalasi jalur-jalur pneumatik sehingga program PLC yang dijalankan sesuai dengan tahapan sekuensial yang dirancang. Selain mengacu pada kurikulum perguruan tinggi pendidikan vokasi juga mengacu pada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) yang dikeluarkan oleh Lembaga Sertifikasi Profesi. Pada SKKNI dinyatakan pula tuntutan untuk dapat merakit peralatan sistem pneumatik, mengoperasikan peralatan pneumatik dan memelihara sistem pneumatik.

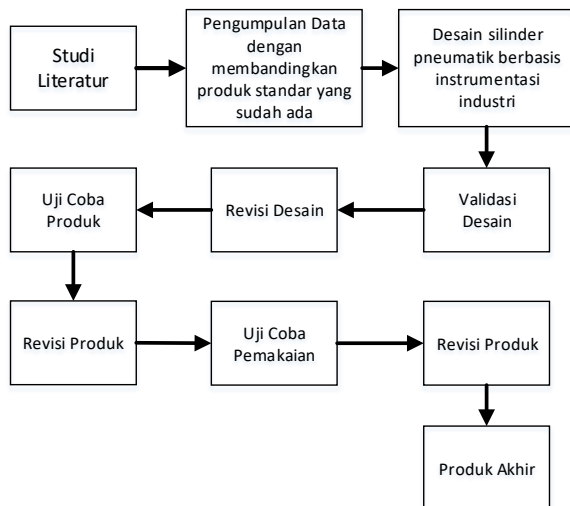
Media ajar elektropneumatik yang selama ini telah dikembangkan menurut Purnawan [1] ada beberapa tahapan antara lain: Media berupa symbol-simbol Verbal yang langsung digambar atau ditulis di papan tulis. Tahapan selanjutnya adalah media berupa symbol-simbol dimana dibuat modelnya dari bahan plastic/kertas yang di belakangnya ditempleli magnet. Garis atau saluran digambar secara manual. Kemudian tahapan selanjutnya adalah media yang menggunakan computer dimana symbol-simbol disimpan dalam sebuah menu library sehingga untuk menggunakannya cukup mengkopikannya. Untuk jalur-jalurnya dapat secara otomatis terhubung dengan mengklik ujung-ujung symbol tadi. Hal ini seperti yang telah dikembangkan oleh Festo yaitu Fluid Sim-P seperti pada gambar 1(a). Tahapan media pembelajaran lanjut yaitu Training Kit dimana menggunakan komponen-komponen asli yang ditempatkan pada dudukan dengan jalur khusus. Hal ini seperti yang telah dikembangkan juga oleh Festo 1(b). Training kit yang telah dikembangkan oleh Festo cukup lengkap dan seratus persen mendekati kondisi real di Industri. Namun ada beberapa kelemahan yaitu memiliki dimensi yang cukup besar sehingga kurang mudah untuk dipindahkan. Jika media pembelajaran verbal, symbol atau simulasi komputer hanya

menyentuh aspek kognitif maka training kit lebih lengkap yaitu menyentuh pula aspek psikomotorik. Purnawan sendiri telah mengembangkan desain training kit pneumatik yang telah diujicobakan ke siswa dengan hasil peningkatan jumlah kelulusan pada matakuliah tersebut hingga 54% [1]. Dari desain training kit yang dibuat meski sudah dapat menunjukkan aspek kontrol sekuensialnya namun rangkaian komponennya masih belum terlihat fleksibel untuk dipindah-pindahkan. Sedangkan yang dikembangkan oleh Hirlan [2] adalah media pembelajaran elektropneumatik berbasis komputer dimana media pembelajaran ini sudah bersifat multimedia interaktif, namun karena masih terbatas pada simulasi komputer maka lingkup pembelajaran aspek psikomotorik masih kurang memadai. Demikian pula trainer kit pneumatik yang dikembangkan Yulius A Nugroho yang berbasis Life Skill, fluid sim P3 dan training kit masih belum menyentuh kepraktisan alat ajar untuk dibawa atau dipindahkan [3]. Oleh karena itu dalam penelitian ini dikembangkan suatu trainer kit yang mampu untuk memenuhi aspek pembelajaran baik kognitif maupun psikomotorik namun mudah untuk dibawa. Karena permintaan pengajaran atau pelatihan elektropneumatik banyak yang berasal dari luar kampus baik dari perguruan tinggi maupun pihak industry. Selain permintaan pengajaran juga permintaan asesmen untuk mendapatkan Sertifikasi Kompetensi dari kalangan industry. Trainer kit yang dikembangkan harus memiliki fungsi yang mendekati trainer kit yang berukuran besar namun memiliki keunggulan dalam hal dimensi dan kepraktisan. Karena dengan dimensi yang lebih kecil maka sangat membantu lembaga pendidikan dalam melaksanakan praktik elektropneumatik meski tidak memiliki ruangan laboratorium tersendiri. Karena sifatnya mudah untuk dibawa, portable, maka proses demonstrasi kontrol sekuensial dalam proses perkuliahan dapat dilakukan di ruang kelas biasa. Begitupula bagi pengguna yang dapat berlatih aspek psikomotoriknya dapat

dilakukan di dalam kelas juga. Namun untuk mengoptimalkan trainer kit di segala aspek membutuhkan pengalaman dan kejelian dalam pemilihan komponen dan desain layout yang padat dan ringkas.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode Penelitian dan Pengembangan atau *Research and Development* dimana menurut Elfizon et all *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut[4]. Produk di sini adalah media pembelajaran elektropneumatik. Adapun gambar skema dari metode Research and Development untuk media ajar Elektropneumatik seperti yang di tunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Metodologi Penelitian Pengembangan Media Ajar Elektropneumatik Portable

Pada metode *Research and Development* secara garis besar terbagi menjadi 3 yaitu metode deskriptif, metode eksperimental dan metode evaluative.

A. Metode Deskriptif

Pada metode deskriptif yaitu proses di tahap awal dimana studi literatur untuk mendefinisikan

konsep sebuah media ajar berstandar industry yang interaktif tapi mudah dibawa dan mengumpulkan data dengan membandingkan produk standar yang sudah ada. Di sini seperti produk media ajar dari Festo yang memberikan pengalaman hands-on dari basic pneumatik maupun elektropneumatik. Perbandingan di sini melingkupi jenis dan variasi katup dan silinder, relay dan sensor-sensor yang digunakan. Adapun Gambaran umum sistem pada media ajar ini dapat dijelaskan sebagai berikut : pneumatik sebagai sinyal kerja akan menggerakkan actuator sesuai dengan program yang dibuat oleh PLC. Adapun modul elektropneumatik terdiri dari rangkaian kendali elektrik dan rangkaian pneumatik sebagai actuator terakhir. Pengendalian secara elektrik dapat dilakukan oleh system relay maupun oleh PLC. Sebagai media pembelajaran untuk pemula maka actuator control masih berupa relay-relay atau kontaktor sehingga mahasiswa dapat lebih leluasa mengamati transmisi pergerakan dari masukan sinyal elektrik menjadi pergerakan sekuensial mekanik melalui interface solenoid valves. Sedangkan limit switch maupun sensor proximity digunakan sebagai elemen pemberi umpan balik. Adapun media sinyal elektrik yang digunakan dapat berupa AC maupun DC sedangkan media kerja berupa udara yang ditekan. Tegangan operasi berkisar antara 12 – 220 V. Relay yang digunakan akan mengubah sinyal input dari sensor dan menswitch beberapa sinyal output baik dari kondisi *normal close* maupun dari kondisi *normal open*. Pemrosesan sinyal dapat mudah dicapai dengan menggunakan relay dan kombinasi kontaktor. Untuk pembelajaran lebih lanjut PLC dapat digunakan untuk mengatur output sesuai dengan yang diinginkan dari logika program, waktu tunda, maupun operasi sekuensial. Dengan demikian sinyal output yang disuplai ke solenoid akan mengaktifasi control valve akhir dengan pergerakan berbagai macam silinder. Dengan demikian integrasi dari berbagai tipe sensor proximity (elektrik) dan PLC akan menghasilkan kontrol yang sangat efektif. Jika kecepatan sinyal elektrik dapat ditingkatkan maka waktu siklus dapat diturunkan dan sinyal dapat dikirim pada jarak yang jauh

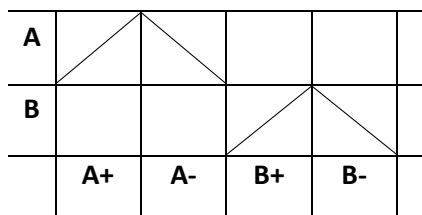
B. Metode Eksperimental

Dalam metode ini alat ajar elektropneumatik dicoba dengan melakukan beberapa eksperimen. Eksperimen yang dilakukan adalah kendali sekuensial yang banyak dilakukan di industry. Pada Eksperimen ini terdapat komponen-komponen kendali sekuensial yang digunakan pada alat ajar elektropneumatik terdiri atas :

- a. Komponen sinyal input
Dimana sinyal yang dibangkitkan oleh switch, berbagai macam kontaktor dan sensor proximity
- b. Komponen sinyal proses
Menggunakan kombinasi kontaktor relay atau dengan PLC
- c. Komponen sinyal output
Output yang didapat setelah proses biasa digunakan untuk mengaktivasi solenoid, indicator atau alarn yang berbunyi

Contoh kendali sekuensial pada alat ajar yang berhasil dilakukan adalah:

- a. Otomatisasi pemisah kotak dimana kotak dengan jenis tertentu yang telah didefinisikan akan dipisahkan dari yang lain
Hasil eksperimen : dapat dilakukan sesuai dengan gerakan sekuensial yang diharapkan
- b. Otomatisasi Stempel Otomatik
Pada gerakan sekuensial ini seperti yang ditunjukkan pada diagram langkah pada Gambar 2. Dimana terdapat dua silinder A dan B, untuk tahap pertama silinder A maju, kemudian silinder A mundur dan setelahnya silinder B maju sampai mengenai sensor kemudian silinder B mundur.
Hasil eksperimen : dapat dilakukan sesuai dengan gerakan sekuensial yang diharapkan



Gambar 2 Diagram langkah silinder pneumatik pada stempel otomatis

C. Metode Evaluatif

Pada metode evaluative dilakukan evaluasi sikap pengguna setelah menggunakan media ajar Elektropneumatik portabel. Karena dengan mengumpulkan pendapat dari pengguna nantinya dapat diturunkan menjadi suatu permintaan tersendiri yang dapat dipahami baik oleh pasar maupun kaum pengembang (engineer)[5].[Jiao and Chen, an analytical]. Untuk ini kuesioner kepada 30 responden yang merupakan mahasiswa dimana sebelumnya telah mendapatkan mata kuliah praktik elektropneumatik dengan menggunakan media ajar standar yaitu Festo Training Kit. Dengan demikian mahasiswa telah memiliki pengalaman sebelumnya dengan media ajar elektropneumatik yang besar sehingga dapat mengoperasikan pula media ajar elektropneumatik portable dengan kasus-kasus yang diberikan. Untuk mengevaluasi dan menganalisa media ajar yang diharapkan dapat menjadi produk standar maka digunakan analisa Kano Model. Kano model sendiri adalah merupakan suatu model yang bertujuan mengkategorikan atribut-atribut dari suatu produk atau jasa berdasarkan seberapa baik produk/jasa tersebut mampu memuaskan pengguna/pelanggan. Model Kano dikembangkan oleh Prof.Noriaki Kano dari Universitas Tokyo [6]. Pada model Kano, maka sikap pengguna terhadap produk menurut [7] (Khamseh,2011) dapat digolongkan ke dalam 4 kategori :

1. Must-Be (M) atau Basic Need atau threshold : Pengguna tidak puas jika kinerja dari atribut yang bersangkutan rendah, namun kepuasan juga tidak akan melampaui normal meski kinerja atribut bertambah.
2. One dimensional (O) atau Performance Needs atau linier, pada kategori ini kepuasan pengguna sebanding dengan kinerja atribut. Kepuasan pengguna akan bertambah jika kinerja atribut bertambah
3. Attractive (A) atau excitement needs atau delighters, jika tingkat kepuasan pengguna sangat tinggi dengan kenaikan kerja atribut, namun tingkat kepuasannya tidak akan menurun meski kinerja atribut menurun
4. Reverse (R) yaitu jika kepuasan pengguna berbanding terbalik dengan kinerja atribut. Questionable (Q) apabila tingkat kepuasan pengguna tidak dapat didefinisikan. Sedangkan

indifferent (I) apabila kepuasan pengguna tidak terpengaruh dari kinerja atribut.

Dari metode ini maka dirumuskan atribut-atribut yang mewakili produk media ajar elektropneumatika portable sebagai berikut:

Tabel 1. Perumusan atribut menjadi pertanyaan kuesioner (Q) dari variable yang dipilih

No	Variabel	Atribut
1	Berstandar Industri	Komponen-komponennya berstandar industry (Q1-1)
		Dengan menggunakan EP semua proses otomasi seperti yang ada di industry dapat dieksperimenkan (Q1-2)
2	Reliability alat pengajaran Elektropneumatik	Telah teruji (Q2-1)
		Produk handal meski telah dilakukan berulang kali (Q2-2)
3	Kepraktisan	Alat pengajaran Elektropneumatik mudah dibawa(Q3-1)
4	Sesuai dengan materi pembelajaran	Memiliki tampilan dan fitur yang sesuai dengan pembelajaran (Q4-1)
		Lebih mudah memahami konsep teori elektropneumatik (Q4-2)
		Dengan menggunakan EP lebih mudah dalam melatih keterampilan (Q4-3)
		Memiliki tampilan dan fitur yang sesuai dengan pembelajaran (Q4-4)
5	Tampilan Alat Pengajaran Elektropneumatik	Tampilan Alat Pengajaran Elektropneumatik menarik (Q5-1)

Dari kuesioner masing-masing atribut dapat ditabulasikan dimana fungsional menjelaskan fungsi yang diinginkan sedangkan disfungsional adalah aspek kelemahan dari atribut. Maka model Kano dari kategori M, O, A,R,Q,I dituliskan sebagai berikut :

Tabel 2. Kategori pada Model Kano

Atribut		Disfungsional				
		Sangat Setuju	Setuju	Ragu-ragu	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
Fungsional	Sangat Setuju	Q	A	A	A	O
	Setuju	R	I	I	I	M
	Ragu-ragu	R	I	I	I	M
	Tidak Setuju	R	I	I	I	M
	Sangat tidak setuju	R	R	R	R	Q

Dari tabulasi tersebut dapat dihitung level Better atau Worse dimana Better mengindikasikan seberapa banyak kenaikan kepuasan pengguna jika disediakan fitur A dan O. Sedangkan Worse mengindikasikan seberapa banyak penurunan pengguna jika fitur tidak disediakan yaitu O dan M. Maka formulasinya menjadi :

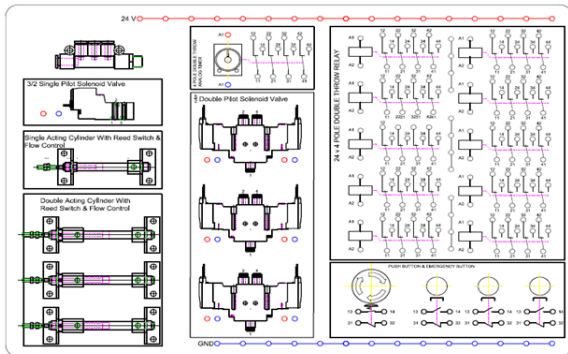
$$Better = \frac{A + O}{A + O + M + I}$$

$$Worse = -\frac{O + M}{A + O + M + I}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain tampilan media ajar elektropneumatik portable seperti pada Gambar 3, disini ditampilkan dari sinyal input dari kontaktor dan sensor proximity, komponen sinyal proses dengan menggunakan relay atau dapat disambungkan dengan PLC, dan sinyal output berupa solenoid valve dan alarm, serta aktuatornya berupa silinder yang terdiri dari Silinder Single Acting dan Silinder Double Acting. Sedangkan media ajar elektropneumatik yang sudah dalam bentuk produk yang siap untuk diujicoba seperti terlihat pada Gambar 4. Panel-panel untuk praktek pneumatik dibuat dengan ukuran yang dapat

diletakkan dalam koper sehingga mudah untuk dibawa.



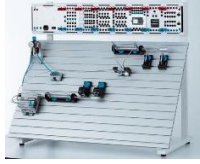

Gambar 3. Desain layout Media Ajar Elektropneumatik portable



Gambar 4. Produk Media Ajar Elektropneumatik portable

Perbandingan antara Training Kit elektropneumatik standar dari Festo yang besar dengan Training Kit elektropneumatik portable.

Tabel 3. Perbandingan Media Ajar Elektropneumatik ukuran besar dan portable

		
Dimensi	150 x 100 cm + Meja kerja	Koper Aluminium 46x33x15 cm
Komponen	2x Relay 2x limit switch 3x Proximity	6x Relay 6x limit switch / reed switch

	sensor 3/2 way solenoid valve 3x 5/2 way Solenoid Valve 1x pressure sensor 4x one way flow control 1x single acting silinder 2x Double acting silinder 1x start-up valve 1x manifold,	1x Proximity sensor 5/2 way solenoid valve 3x 5/2 way Solenoid Valve 6x one way flow control 3x Double acting silinder 1x service unit 2 Pushbutton 1 Pushbutton detent 1 Emergency switch 3 Lamp indicator
Power supply Unit	85-265 VAC (Tegangan Masuk) 24 VDC, 4.5 A (Tegangan Keluar)	Excluded / Optional
Kompressor	Tegangan Masukan 230 VAC – 50 Hz Tekanan 800 kPa (8 bar) Pmax Volume tangki 24 L Tingkat kebisingan ≥ 45 dB	Excluded / Optional
Fitur	Dapat melakukan minimal 17 eksperimen	Dapat melakukan minimal 17 eksperimen

Dari perbandingan Training Kit ini dapat dilihat bahwa fungsi dan kelengkapan komponen antara produk training kit standar dan training kit portable tidak terlalu berbeda. Di sini hanya ukuran atau dimensi dari komponen dan desain dudukan yang berbeda sehingga meski memiliki ukuran yang lebih kecil namun eksperimen dasar elektropneumatik dapat juga dilakukan pada media ajar portable. Sedangkan komponen tambahan seperti Power Supply Unit dan Kompressor untuk media ajar portable bisa ditambahkan secara terpisah.. Adapun pertanyaan-pertanyaan kuesioner berisi atas atribut yang telah disusun berdasarkan model Kano. Analisa dari model Kano dapat dilihat seperti pada **Table 4** bahwa hampir semua atribut yang paling menonjol adalah Indifferent disini berarti kepuasan pengguna tidak terpengaruh dari kinerja produk

Tabel 4. Analisa Kano Pada Setiap Atribut yang Disurvei

	Q	A	R	I	M	O	Kategori
Q1-1	0	6	0	16	0	8	I
Q1-2	0	6	0	16	2	6	I
Q2-1	0	14	0	16	0	0	I
Q2-2	0	8	0	19	3	0	I
Q3-1	0	3	0	5	3	19	O
Q4-1	8	5	6	11	0	0	I
Q4-2	0	10	0	12	8	0	I
Q4-3	0	8	0	14	3	5	I
Q4-4	0	3	0	19	0	8	I
Q5-1	0	3	0	24	3	0	I
Total	8	66	6	152	22	46	

Dalam hal ini pengguna seperti telah memiliki suatu mindset tersendiri terhadap produk tersebut. Hal ini dapat dipahami karena responden berasal dari para pengguna yang telah memiliki pengalaman menggunakan produk training kit dengan ukuran besar yang tentu saja dari sisi keleluasaan pemakaian lebih unggul dan sudah menjadi kebiasaan, sehingga memerlukan waktu bagi pengguna untuk membiasakan praktek dengan layout atau susunan komponen yang lebih kecil. Namun ada satu atribut yang menunjukkan kategori One Dimensional dimana menurut Qianli et all [5] pada atribut tersebut berarti kepuasan pengguna linier dengan kinerja atribut tersebut. Atribut yang termasuk dalam kategori ini adalah Q3-1 yaitu keunggulan dari sisi kepraktisan dimana Training Kit Elektropneumatik lebih kompak dan dapat dibawa kemanapun. Sisi kepraktisan telah membuat pengguna lebih tertarik dibandingkan atribut yang lain. Dari nilai better dan worse juga diperoleh bahwa fungsi dari kepraktisan akan meningkatkan ketertarikan pengguna hingga 73%, namun jika aspek ini ditiadakan maka ketidakpuasan pengguna juga turun 73%. Oleh karena itu inovasi-inovasi produk ke depan maka sisi kepraktisan menjadi aspek yang dapat terus untuk diinovasikan.

Tabel 5. Tingkat Kepuasan Pengguna pada Atribut

	Q	A	R	I	M	O	Better	Worse
Q1-1	0	6	0	16	0	8	0.47	-0.27
Q1-2	0	6	0	16	2	6	0.40	-0.27
Q2-1	0	14	0	16	0	0	0.47	0.00
Q2-2	0	8	0	19	3	0	0.27	-0.10
Q3-1	0	3	0	5	3	19	0.73	-0.73
Q4-1	8	5	6	11	0	0	0.31	0.00
Q4-2	0	10	0	12	8	0	0.33	-0.27
Q4-3	0	8	0	14	3	5	0.43	-0.27
Q4-4	0	3	0	19	0	8	0.37	-0.27
Q5-1	0	3	0	24	3	0	0.10	-0.10

IV. KESIMPULAN

Telah dirancang dan diimplementasikan media ajar elektropneumatik yang mudah untuk dibawa dengan komponen berstandar industry. Validasi dengan menjalankan kontrol sekuensial menunjukkan produk telah berfungsi dengan baik. Untuk pengembangan lebih lanjut digunakan analisa Kano Model yang menunjukkan sisi kepraktisan ke dalam kategori One Dimensional, meski untuk atribut atau fungsi yang lain masih menunjukkan indifferent. Maka untuk pengembangan selanjutnya adalah mengupayakan perbaikan sehingga kepuasan pengguna dapat meningkat sejalan dengan peningkatan kualitas produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih ditujukan kepada Politeknik Manufaktur Bandung atas dukungan dana dalam skim Program Penelitian Penguatan Pengembangan dan Inovasi KK (P3IK) sehingga penelitian ini dapat terwujud.

REFERENSI

- [1] Purnawan. 2012 *Efektifitas Trainer Pneumatik Sebagai Media Pembelajaran Pada Materi Pengontrolan Gerak Sekuensial*, INVOTEC Volume VIII No.2, hal 46-57
- [2] Hirlan Tusep Permana. 2014. *Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pelajaran Sistem Kontrol Elektropneumatik Untuk Siswa Program Keahlian Teknik Otomasi Industri SMK Negeri 2 Depok*, Skripsi Sarjana Pendidikan Teknik Elektro Univ.Negeri Yogyakarta, 2014
- [3] Yulis A Nugroho, Agung Prijo. 2013. *Pengembangan Modul Pneumatik Berbasis Life Skill dengan FLUID SIM P-3 dan Trainer Pada Mahasiswa D3 Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*, JPTM Vol 01 Nomor 03 Tahun, hal 30-39.
- [4] Elfizon, Mukhlidi Muskhir, Oriza Candra. Oktober 2017 *Pengembangan Media Trainer Elektronika Dalam Pembelajaran Teknik Elektronika Pada Pendidikan Vokasi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*, SEMNASVOTEK ISSN 25412361
- [5] Qianli Xu, Roger J Jiao, Xi Yang, Martin Herlander, Halimatun M Khalid, Anders Opperud. 2008. *An Analytical Kano Model for Customer Need Analysis*, Jdestud, Elsevier.
- [6] Amran, T.G, & Ekadeputra, P. 2010. *Pengukuran Kepuasan Konsumen Menggunakan Metode Kano dan Root Cause Analysis (Studi Kasus PLN Tangerang)*. Jurnal Teknik Industri. 2 (2): 160-172.
- [7] Khamseh, Arshadi. 2011. *Integrating Kano's Model into Quality Function Deployment (QFD) to Optimally Identify and Prioritize the Needs of Higher Education (case study: Engineering Faculty of Tarbiat Moallem University)*. Institute of Interdisciplinary Business Research.