



TEKNOLOGI dan rekayasa

PEMANFAATAN INTERNET OF THINGS UNTUK TELEMONITORING RUMAH KACA TANAMAN KRISAN Idris Affandy, Wahyu Kusuma Raharja	79
PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK INDUSTRI MODE PAKAIAN MUSLIM (STUDI KASUS: USAHA KECIL MENENGAH ORIS DI KELURAHAN KUNCIRAN, KOTA TANGERANG SELATAN) Ratih Wulandari, Miftah Farid	94
THERMAL ANALISIS INJECTION MOLDING PADA COVER AIR FLOW TERHADAP SHORT MOLD DEFECT Muhammad Yusuf Nurfani, Irvan Septyan Mulyana	103
IDENTIFIKASI DAN ANALISIS MATERIAL CASING REGULATOR GAS Freddy Marpaung, Nyoman Artana	111
PERANCANGAN RAK SEPATU UNTUK LABORATORIUM DESAIN PRODUK DAN INOVASI INSTITUT TEKNOLOGI DEL DENGAN METODE VALUE ENGINEERING DAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD) Donda Natalie R Simanjuntak, Yosef Manik, Beneditka Anna Haulian Siboro	122
ANALISIS DAN PENGEMBANGAN SISTEM PENJUALAN DAN SEWA BUKU DIGITAL (EBOOK) MENGGUNAKAN METODE UNIFIED MODELLING LANGUAGE (UML) Sri Setyorini, Edi Pranoto	139
PENGGUNAAN STRAIN GAUGE SEBAGAI KENDALI KURSI RODA Imelda U. V. Simanjuntak, Agus D. Rochendi, Lukman M. Silalahi, Ketty S. Salamah	154

DEWAN REDAKSI JURNAL TEKNIK REKAYASA

Penanggung Jawab

Prof. Dr. E.S. Margianti, S.E., M.M.
Prof. Suryadi Harmanto, SSI., M.M.S.I.
Drs. Agus Sumin, M.M.S.I.

Dewan Editor

Dr. Desti Riminarsih, S.Si, M.Si, Universitas Gunadarma
Dr. Dina Indarti, S.Si, M.Si, Universitas Gunadarma
Dr. Ir. Asep Mohamad Noor, M.T., Universitas Gunadarma
Ajib Setyo Arifin, S.T., M.T., Ph.D., Universitas Indonesia
Dr. Sunny Arief Sudiro, STMIK Jakarta STI&K

Mitra Bebestari

Prof. Dr. Sarifuddin Madenda, Universitas Gunadarma
Prof. Dr.-Ing. Adang Suhendra, S.Si, Skom, Msc, Universitas Gunadarma
Prof. Ir. Busono Soerowirdjo, Msc, Phd, Universitas Gunadarma
Prof. Dr. Rer.Nat. A. Benny Mutiara, Universitas Gunadarma
Prof. Dr. Ir. Bambang Suryawan, MT, Universitas Gunadarma
Prof. Dr. B.E.F. da Silva, Universitas Indonesia
Prihandoko, S.Kom, MIT, Phd, Universitas Gunadarma
Dr. Tubagus Maulana Kusuma, Skom., Mengsc., Universitas Gunadarma
Dr. Ir. Rakhma Oktavina, MT., Universitas Gunadarma
Dr. RR Sri Poernomo Sari, M.T., Universitas Gunadarma
Dr. Lussiana ETP, Ssi., M.T., STMIK Jakarta STI&K

Sekretariat Redaksi

Universitas Gunadarma
Jalan Margonda Raya No. 100 Depok 16424
Phone : (021) 78881112 ext 516.

JURNAL ILMIAH TEKNOLOGI DAN REKAYASA

NOMOR 2, VOLUME 26, Agustus 2021

DAFTAR ISI

PEMANFAATAN <i>INTERNET OF THINGS</i> UNTUK <i>TELEMONITORING</i> RUMAH KACA TANAMAN KRISAN Idris Affandy, Wahyu Kusuma Raharja	79
PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK INDUSTRI MODE PAKAIAN MUSLIM (STUDI KASUS: USAHA KECIL MENENGAH ORIS DI KELURAHAN KUNCIRAN, KOTA TANGERANG SELATAN) Ratih Wulandari, Miftah Farid	94
THERMAL ANALISIS INJECTION MOLDING PADA COVER AIR FLOW TERHADAP SHORT MOLD DEFECT Muhammad Yusuf Nurfani, Irvan Septyan Mulyana	103
IDENTIFIKASI DAN ANALISIS MATERIAL CASING REGULATOR GAS Freddy Marpaung, Nyoman Artana	111
PERCANCANGAN RAK SEPATU UNTUK LABORATORIUM DESAIN PRODUK DAN INOVASI INSTITUT TEKNOLOGI DEL DENGAN METODE <i>VALUE ENGINEERING</i> DAN <i>QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)</i> Donda Natalia R Simanjuntak, Yosef Manik, Benedikta Anna Haulian Siboro	122
ANALISIS DAN PENGEMBANGAN SISTEM PENJUALAN DAN SEWA BUKU DIGITAL (<i>EBOOK</i>) MENGGUNAKAN METODE <i>UNIFIED MODELING LANGUAGE (UML)</i> Sri Setyorini, Edi Pranoto	139
PENGGUNAAN STRAIN GAUGE SEBAGAI KENDALI KURSI RODA Imelda U. V. Simanjuntak, Agus D. Rochendi, Lukman M. Silalahi, Ketty S. Salamah	154



PEMANFAATAN INTERNET OF THINGS UNTUK TELEMONITORING RUMAH KACA TANAMAN KRISAN

¹Idris Affandy, ²Wahyu Kusuma Raharja

¹Program Sistem Komputer, ²Magister Teknik Elektro, Universitas Gunadarma, Jakarta

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹affandiris21@gmail.com, ²wahyukr@staff.gunadarma.ac.id.

Abstrak

Pelestarian tanaman krisan pada saat ini masih belum memanfaatkan teknologi dalam memantau keadaan tanaman krisan dan lingkungannya secara otomatis dan real time. Seiring dengan berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), maka internet dapat dimanfaatkan untuk keperluan penyiraman otomatis dan pemantauan secara real time pada pelestarian tanaman krisan. Penggunaan sistem pemantauan tersebut berfungsi untuk mengawasi keadaan suhu, kelembaban tanah, kelembaban udara dan intensitas cahaya di lingkungan sekitar rumah kaca tanaman krisan. Pada penelitian ini akan menghasilkan alat telemonitoring rumah kaca untuk tanaman krisan. Tahapan penelitian untuk membangun alat ini meliputi perancangan rangkaian alat, perancangan algoritma program menggunakan Arduino IDE dan perancangan tampilan website. Alat ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU sebagai komponen pengendali dan sebagai penghubung ke internet. Terdapat 3 sensor yang digunakan yaitu sensor kelembaban tanah YL-69, suhu dan kelembaban DHT11 dan intensitas cahaya BH1750 masing-masing satu sensor. Output yang dihasilkan oleh masing sensor tersebut yaitu pompa, kipas, dan lampu yang dikendalikan menggunakan relay 4 channel. Penelitian ini telah berhasil memantau tanaman krisan berdasarkan lampu akan nyala pada intensitas cahaya <300 lux dan otomatis mati pada intensitas cahaya >300 lux. Motor sebagai pemompa air akan nyala saat kelembaban tanah >700RH dan otomatis mati pada kelembaban tanah <700 RH. Fan kedalam akan nyala saat suhu ruangan >30°C dan otomatis mati pada suhu ruangan < 30 °. CFan keluar akan nyala saat kelembaban udara >700% dan otomatis mati pada kelembaban udara <700%.

Kata Kunci: *Internet of Things, NodeMCU, Tanaman Krisan, Telemonitoring*

Abstract

Preservation of chrysanthemum plants at this time still does not utilize technology to monitor the state of the chrysanthemum plant and its environment automatically and in real time. Along with the development of Internet of Things (IoT) technology, the internet can be used for automatic watering and real-time monitoring of chrysanthemum conservation. The use of this monitoring system serves to monitor the condition of temperature, soil moisture, air humidity and light intensity in the environment around the chrysanthemum greenhouse. This research will produce a greenhouse telemonitoring tool for chrysanthemum plants. The research stages to build this tool include designing a series of tools, designing a program algorithm using the Arduino IDE and designing a website display. This tool uses a NodeMCU microcontroller as a controlling component and as a link to the internet. There are 3 sensors used, namely soil moisture sensor YL-69, temperature and humidity DHT11 and BH1750 light intensity each one sensor. The output produced by each of these sensors is a pump, fan, and lights which are controlled using a 4 channel relay. This research has succeeded in monitoring chrysanthemum plants based on the light will turn on at light intensity <300 lux and automatically turn off at light intensity > 300 lux. The motor as a water pump will start when the soil humidity is >700RH and will automatically turn off when the soil humidity is <700 RH. The inside fan will turn on when the room temperature is > 30°C and automatically turns off at room temperature <30°C. The outside fan will turn on when the humidity is > 700% and automatically turns off at <700% humidity.

Keywords: *Chrysanthemum Plants, Internet of Things, NodeMCU, Telemonitoring*

PENDAHULUAN

Rumah kaca merupakan suatu bangunan yang berfungsi untuk melindungi tanaman dari pengaruh keadaan lingkungan yang kurang baik, seperti tiupan angin kencang, radiasi matahari yang terlalu panas bagi tanaman, terpaan hujan, serta melindungi tanaman dari serangan dan penyakit atau bisa disebut rumah kaca dapat menciptakan kondisi lingkungan yang diinginkan. Dengan menggunakan rumah kaca sebagai tempat pembudidayaan tanaman maupun penelitian, maka lingkungan tanaman dapat dikondisikan agar sesuai dengan kebutuhan dimana tanaman dapat tumbuh dengan baik. Dalam mengkondisikan lingkungan tersebut maka diperlukan pengontrolan kondisi atau keadaan terhadap parameter lingkungan yang berinteraksi langsung pada tanaman, salah satunya yaitu tanaman krisan [1].

Krisan memiliki berbagai keunggulan yaitu memiliki aneka warna, seperti putih,

kuning, violet, merah, pink, hijau dan salem. Krisan juga mempunyai banyak variasi kelopak: tunggal dan bertumpuk dengan ukuran kecil hingga super besar. Varietas krisan pun sangat banyak, sebanyak 60 varietas dapat dibudidayakan di Indonesia. Selain itu bunga krisan mampu hidup hingga dua minggu apabila diletakkan di dalam vas bunga, dan mudah dirangkai. Keunggulan lain yang dimiliki adalah bahwa pembungaan dan panennya dapat diatur menurut kebutuhan pasar [2].

Produksi krisan mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada tahun 2018, dimana peningkatan produksinya mencapai 34.797.866 tangkai. Produksi pisang-pisangan juga mengalami kenaikan yang cukup signifikan sebanyak 3.851.429 batang pada tahun 2018 dari tahun 2017. Penurunan produksi sebesar 268.990 batang terjadi pada tanaman Gladiol pada tahun 2018 [3]. Produksi tanaman hias di Indonesia tahun 2014 – 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Tanaman Hias di Indonesia Tahun 2014 – 2018 (Tangkai)

Produksi \ tanaman	2014	2015	2016	2017	2018
Anggrek	8.127.528	7.902.403	10.703.444	9.484.393	15.309.964
Kuping Gajah**	1.112.724	2.615.999	2.017.535	2.198.990	2.627.498
Gladiol	14.416.172	14.512.619	11.195.483	11.271.385	8.581.395
Pisang pisang***	823.747	1.131.568	1.390.117	1.427.048	5.278.477
Krisan	29.503.257	47.465.794	63.716.256	66.979.260	101.777.126
Mawar	57.983.747	60.719.517	40.394.027	59.492.699	39.265.696
Sedap Malam	33.226.112	32.611.284	30.373.679	21.687.493	25.598.314
Melati*	21.622.699	22.552.537	24.795.995	15.775.751	20.388.119
Palem**	445.126	751.505	986.340	1.171.768	1.149.420
Dracaena**	1.778.582	1.131.621	905.039	2.041.962	1.863.764
Anyelir	2.196.377	2.216.123	1.781.046	1.901.509	3.024.558
Garbera	2.349.399	4.065.057	4.874.098	4.931.441	4.101.631

Sumber: <http://www.bps.go.id> (data diolah)

Keterangan :

(*): Produksi dalam bentuk kilogram

(**): Produksi dalam bentuk pohon

(***): Produksi dalam bentuk batang [4].

Krisan pada umumnya dibudidayakan dan tumbuh secara baik di daratan dengan tinggi kisaran 650 hingga 1.200 mdpl (meter diatas laut). Di habitat aslinya, krisan merupakan tanaman yang bersifat menyemak dan dapat tumbuh hingga mencapai tinggi 30 – 200 cm. Beberapa daerah sentra produksi tanaman hias krisan di antaranya adalah Cipanas (Cianjur), Sukabumi, Lembang (Bandung), Bandungan (Jawa Tengah), Malang (Jawa Timur), dan Berastagi (Sumatera Utara). Pada saat ini krisan telah dibudidayakan di daerah daerah lain, seperti NTB, Bali, Sulawesi Utara dan Sumatera Selatan [5].

Krisan dapat tumbuh baik di daerah tropis seperti di Indonesia suhu rata-rata harian di dataran rendah terlalu tinggi untuk pertumbuhan tanaman krisan, suhu udara di siang hari yang ideal untuk pertumbuhan tanaman krisan berkisar antara 20°C – 26°C dengan batas minimum 17°C dan batas maksimum 30°C. Suhu udara pada malam hari merupakan faktor penting dalam mempercepat pertumbuhan tunas bunga. Suhu ideal berkisar antara 16 – 18°C bila suhu turun sampai dibawah 16°C, maka pertumbuhan tanaman menjadi lebih vegetatif bertambah tinggi dan lambat berbunga. Pada suhu tersebut intensitas warna bunga meningkat (cerah) sebaliknya bila suhu

malam terlalu tinggi dapat berakibat melunturnya warna bunga sehingga penampilan tampak kusam walaupun bunganya masih segar [6].

Kelembaban udara antara 60% – 70% dinilai cocok untuk pertumbuhan tanaman krisan. Kelembaban udara yang tinggi mengakibatkan transpirasi (penguapan air) dari tanaman menjadi kecil dalam waktu pendek. Keadaan ini membuat tanaman selalu dalam keadaan segar. Untuk waktu yang agak lama, dengan tidak adanya sirkulasi air dalam tanaman menyebabkan penyerapan air dan unsur hara terlarut dari dalam tanah juga sedikit. Kekurangan nutrisi kebalikannya, kelembaban udara yang rendah menyebabkan transpirasi tanaman menjadi tinggi. Air menguap dengan cepat melalui pori-pori daun dan perakaran ini berarti menyerap air dari tanah. Bila tanaman terlambat mengganti defisit air dalam pucuk-pucuk yang baru tumbuh menjadi layu atau mengeringnya tepian daun yang sudah dewasa [6].

Beberapa penelitian telah membahas mengenai sistem *monitoring*. Penelitian yang dilakukan oleh Raharja dan Santoso membahas mengenai purwarupa alat *telemonitoring* keamanan ruangan menggunakan identifikasi sidik jari berbasis IoT. Hasil informasi rekam data pengguna ruangan ditampilkan pada *website*. Hasil

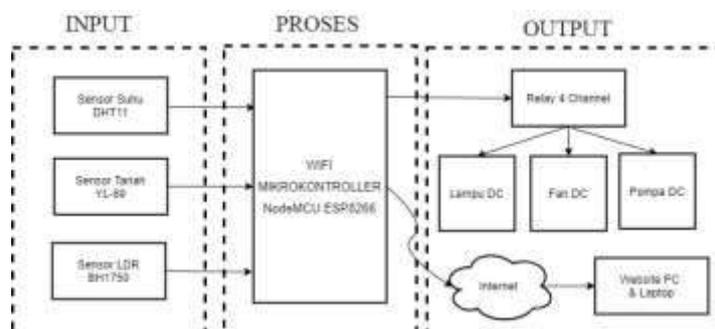
pengujian menunjukkan bahwa alat ini menggunakan sensor sidik jari dapat mendeteksi sidik jari baik yang sudah terdaftar maupun yang belum terdaftar [7]. Penelitian lain membahas mengenai sistem *monitoring* kelembaban tanah dan kendali pompa air menggunakan Arduino dan internet pada tanaman terong. Sistem ini menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler, sensor kelembaban tanah YL-69, modul GSM SIM800L sebagai transmisi data, pompa air sebagai penyiram tanaman, dan *website* sebagai antarmuka sistem. Berdasarkan pengujian dengan *black box* menunjukkan bahwa semua fungsi pada *website* berjalan dengan baik, hasil pengujian kalibrasi sensor menunjukkan rata-rata error sebesar 2,2%, dan pengujian kinerja sistem didapatkan persentase keberhasilan sebesar 100% [8]. Penelitian yang dilakukan oleh Najikh, Ichsan, dan Kurniawan membahas

mengenai *monitoring* kelembaban, suhu, intensitas cahaya pada tanaman menggunakan Esp8266 dan Arduino Nano. Hasil implementasi dan pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat menampilkan seluruh hasil bacaan sensor, dan menjalankan sistem otomatis secara baik [9].

Berawal dari permasalahan di atas maka dibuat suatu alat yang dapat mengontrol atau menjaga kelembaban tanah secara otomatis serta menampilkan kondisi kelembaban tanah, kelembaban udara dan suhu lingkungan. Pada penelitian ini dirancang sebuah alat *telemonitoring* rumah kaca untuk tanaman krisan berbasis IoT. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat membantu pekejaan pengontrolan dan pemantauan kondisi lingkungan pada rumah kaca sehingga meningkatkan kualitas dan produktivitas dalam bidang perkebunan maupun tanaman pangan dan hortikultura.

METODE PENELITIAN

A. PERANCANGAN ALAT

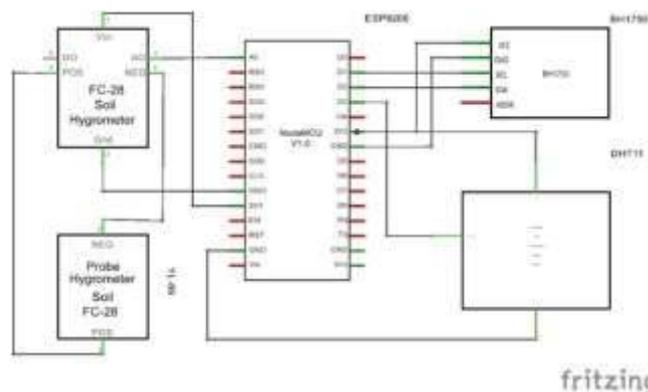


Gambar 1. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 1, kerja alat ini dimulai dari pembacaan sensor YL-69 sebagai sensor pengukur kelembaban tanah, dilanjutkan pembacaan sensor DHT11 sebagai sensor pengukur suhu dan kelembaban udara dan sensor BH1750 sebagai pengukur intensitas cahaya pada tanaman hias krisan. Selanjutnya NodeMCU akan memproses data yang diberikan oleh setiap sensor untuk selanjutnya akan dikirimkan ke *database* dan akan ditampilkan melalui *website* *tanamankrisan1.000webhostapp.com* yang dapat dilihat dengan menggunakan akses internet.

Sistem blok *input* menggunakan Sensor

DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban, sensor YL-69 untuk mengukur kelembaban tanah, dan sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya seperti pada Gambar 2. Ketiga sensor ini diletakan di dalam rumah kaca tanaman krisan ini. Pada blok input sensor DHT11 akan mengukur suhu dan kelembaban udara lalu dihubungkan pada pin D4 pada NodeMCU, sensor kelembaban Tanah YL-69 yang memiliki nilai analog akan dihubungkan pada pin A0 pada NodeMCU, dan sensor LDR BH1750 akan dihubungkan pada pin D2 untuk SDA dan pin D1 untuk SCL. Tampilan fisik alat *input* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Blok *Input*

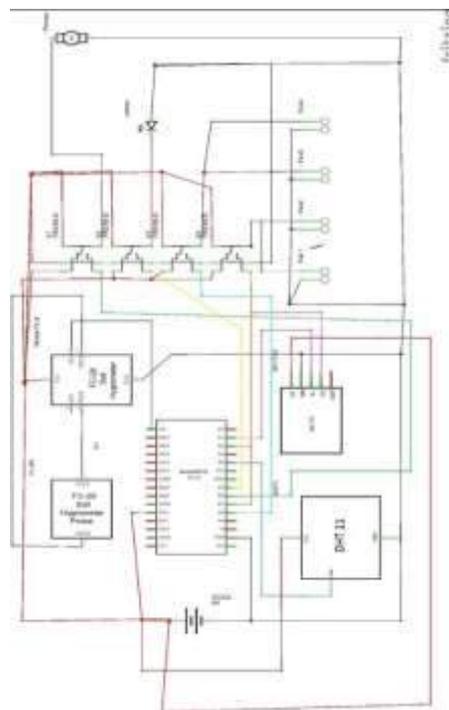


Gambar 3. Tampilan Fisik Alat *Input*

keluaran dari PIN1 ini adalah pompa DC yang bertugas untuk mengalirkan air pada tanah kondisi kering. PIN2 *relay* akan dihubungkan pada D6 pada NodeMCU, keluaran dari PIN2 ini adalah 2 buah *fan* yang mengarah ke dalam rumah kaca berfungsi untuk mendinginkan suhu ruangan pada kondisi cuaca panas. PIN3 *relay* akan dihubungkan pada 2 buah *fan* lainnya yang mengarah ke luar berfungsi untuk mengeluarkan udara pada saat kelembaban udara terlalu besar di dalam rumah kaca. PIN4 *relay* akan dihubungkan pada lampu DC berfungsi untuk memberikan cahaya pada saat rumah kaca kurang mendapatkan cahaya yang cukup seperti pada malam hari.

Dalam rangkaian alat *telemetry* rumah kaca untuk tanaman krisan berbasis

IoT memiliki *input*, proses, dan *output* seperti pada Gambar 7. Pada rangkaian diperlukan tegangan 12 volt untuk mengaktifkan pompa, *fan*, dan lampu, 5 volt untuk mengaktifkan, serta 3 volt untuk mengaktifkan setiap sensor yang digunakan. Untuk menghemat penggunaan sumber daya listrik peneliti menggunakan satu *battery* AKI 12V 20 A, yang penggunaannya dapat bertahan lama serta efektif digunakan pada alat ini karena *battery* ini digunakan di mana saja sehingga rumah kaca dapat diletakkan *outdoor* ataupun *indoor*. Untuk tegangan pada NodeMCU digunakan *powerbank* dengan nilai tegangan 5V. Rancangan fisik dari purwarupa alat telemonitoring untuk rumah kaca tanaman hias krisan berbasis IoT dapat dilihat pada Gambar 8.

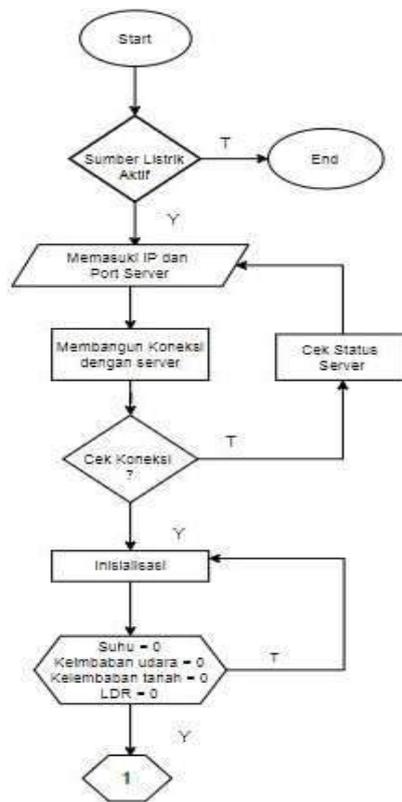


Gambar 7. Rangkaian Alat Secara Keseluruhan



Gambar 8. Purwarupa Alat *Telemonitoring* Rumah Kaca Tanaman Krisan

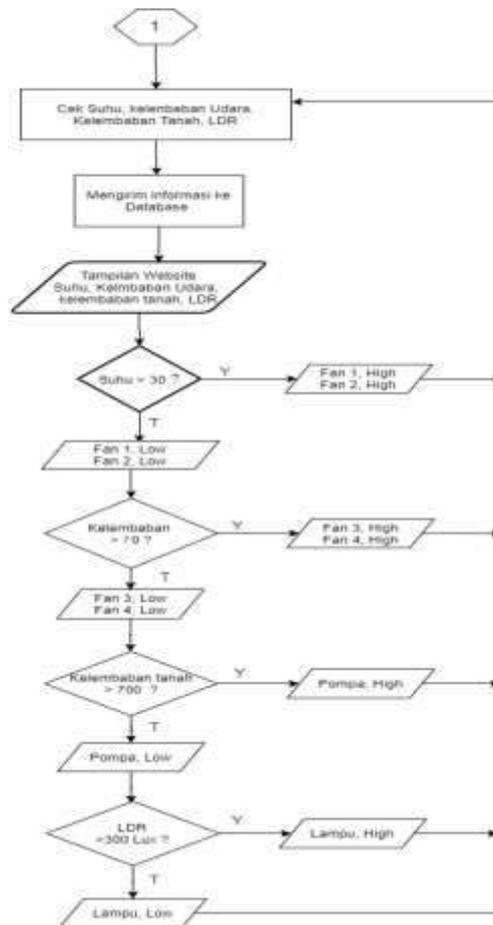
A. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK



Gambar 9. *Flowchart* 1

Diagram alur pada Gambar 9 dan Gambar 10 menjelaskan tentang alur kerja sistem mulai dari pengaktifan catu daya yang harus dilakukan pertama

adalah inisialisasi alat dengan cara apabila catu daya tersambung, maka masing-masing komponen akan hidup dan menjalankan perintahnya.



Gambar 10. Flowchart 2

Alat akan membaca nilai masukan kelembaban tanah, suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Dari hasil pembacaan tersebut akan langsung dikirimkan ke *website*. Proses pertama yakni sensor DHT11 yang mendeteksi suhu dan kelembaban. Nilai baca sensor akan dibandingkan dengan *setpoint* yang telah di-*input*-kan diawal. Jika keadaan suhu $>30^{\circ}\text{C}$ maka *fan* 1 dan 2 akan aktif sebagai aktuator pendingin ruang rumah kaca. Jika kelembaban udara $>70\%$ maka *fan* 3 dan 4 akan menarik udara keluar agar rumah kaca memiliki kapasitas kelembaban udara yang normal. Proses kedua yakni sensor YL-69

yang mendeteksi kelembaban tanah. Nilai baca sensor untuk kelembaban tanah $>700\text{RH}$ maka aktuator pompa akan aktif untuk memberikan air agar tanah pada tanaman memiliki kelembaban yang cukup. Proses ketiga sensor yang akan bekerja adalah sensor LDR, untuk memeriksa sumber cahaya, jika pada ruangan tidak memiliki cukup cahaya untuk menerangi tanaman pada rumah kaca, sensor LDR akan merespon lampu untuk bekerja. Namun jika ada salah satu aktuator tidak berfungsi maka program akan kembali membaca data sensor yang telah diberikan sampai semua program berjalan dengan normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Suhu Dengan Sensor DHT11

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai suhu yang berada di sekitar tanaman hias krisan sehingga sistem kontrol otomatis bisa mengatur suhu sesuai dengan suhu normal 21°C - 30°C. Pada penerapannya *fan* berfungsi mengalirkan udara dari luar rumah kaca jika suhu udara melebihi 30°C. Pengujian ini dilakukan pada rumah kaca dengan dimensi 40 cm × 35 cm × 60 cm serta sensor DHT11 diletakkan di dalam media pengujian yang berisi tanaman hias krisan agar penerapan alat dapat sesuai dengan kondisi yang ada pada rumah kaca. Hasil pengujian suhu dengan sensor DHT11 dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengujian dilakukan melalui beberapa waktu yang beragam. Pin VCC sensor dihubungkan ke tegangan 3,3 Volt dari NodeMCU. *Ground* dihubungkan ke *Ground* NodeMCU dan pin sensor dihubungkan ke D4 pada NodeMCU. Tegangan yang terdapat pada pin

2 DHT11 sama walaupun suhu berubah-ubah. Hal ini karena sensor suhu DHT11 menghasilkan *output* digital yang keluarannya hanya 1 (HIGH) dan 0 (LOW). Dari sisi *output* keadaan sensor suhu DHT11 terdapat 2 kondisi yaitu *fan* 12V ke dalam nyala atau mati.

B. Pengujian Kelembaban Udara dengan Sensor DHT11

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kelembaban udara yang berada di sekitar tanaman hias krisan sehingga sistem kontrol otomatis bisa mengatur kelembaban udara sesuai dengan kelembaban udara normal 60%RH – 70%RH. Pada penerapannya *fan* berfungsi mengalirkan udara dari luar rumah kaca jika kelembaban udara melebihi 30°C. Pengujian ini dilakukan pada rumah kaca dengan dimensi 40 cm × 35 cm × 60 cm serta sensor DHT11 diletakkan di dalam media pengujian yang berisi tanaman hias krisan agar penerapan alat dapat sesuai dengan kondisi yang ada pada rumah kaca.

Tabel 2. Hasil Pengujian Suhu

No	Tegangan pin 4 DHT11 (Volt)	Waktu	Suhu DHT11 Pada Tampilan PC (°C)	Fan 12V Kedalam
1.	3,3	05.00 AM	27,51	Mati
2.	3,3	09.00 AM	31,72	Nyala
3.	3,3	12.00 PM	34,62	Nyala
4.	3,3	15.00 PM	32,21	Nyala
5.	3,3	18.00 PM	29,17	Mati
6.	3,3	21.00 PM	27,56	Mati
7.	3,3	00.00 AM	26,40	Mati

Tabel 3. Hasil Pengujian Kelembaban Udara

No	Tegangan pin 4 DHT11 (Volt)	Waktu	Kelembaban Udara DHT11 Pada Tampilan PC (%RH)	Fan 12V Keluar
1.	3,3	05.00 AM	78,89	Nyala
2.	3,3	09.00 AM	69,73	Mati
3.	3,3	12.00 PM	65,45	Mati
4.	3,3	15.00 PM	68,76	Mati
5.	3,3	18.00 PM	71,23	Nyala
6.	3,3	21.00 PM	75,60	Nyala
7.	3,3	00.00 AM	77,22	Nyala

Hasil pengujian kelembaban udara dengan sensor DHT11 dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengujian telah dilakukan melalui beberapa waktu yang beragam. Pin VCC sensor dihubungkan ke tegangan 3,3 Volt dari NodeMCU. *Ground* dihubungkan ke *Ground* NodeMCU dan pin sensor dihubungkan ke D4 pada NodeMCU. Tegangan yang terdapat pada pin 2 DHT11 sama walaupun suhu berubah-ubah. Hal ini karena sensor suhu DHT11 menghasilkan *output* digital yang keluarannya hanya 1 (HIGH) dan 0 (LOW). Dari sisi *output* keadaan sensor suhu DHT11 terdapat 2 kondisi yaitu *fan* 12V keluar nyala atau mati.

C. Pengujian Intensitas Cahaya dengan Sensor BH1750

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai intensitas cahaya yang berada disekitar tanaman hias krisan sehingga sistem kontrol otomatis bisa mengatur lampu sebagai aktuator agar bisa aktif ketika intensitas cahaya dalam rumah kaca rendah. Tanaman hias krisan memerlukan cahaya yang cukup dalam proses pertumbuhannya

maka dari itu intensitas cahaya harus diatur sesuai kondisi yang dibutuhkan oleh tanaman hias krisan. Pengujian ini dilakukan pada rumah kaca dengan dimensi 40cm x 35cm x 60cm serta sensor DHT11 diletakkan di dalam media pengujian yang berisi tanaman hias krisan agar penerapan alat dapat sesuai dengan kondisi yang ada pada rumah kaca. Pengujian sensor intensitas cahaya dilakukan dengan kondisi waktu siang hingga malam hari. Aktuator lampu akan nyala apabila nilai intensitas cahaya lebih dari 300 *lux* dan lampu akan mati jika intensitas cahaya kurang dari 300 *lux*. Hasil pengujian intensitas cahaya dengan sensor BH1750 dapat dilihat pada Tabel 4.

Pengujian dilakukan melalui beberapa waktu yang beragam. Pin VCC sensor dihubungkan ke tegangan 3,3 Volt dari NodeMCU. *Ground* dihubungkan ke *Ground* NodeMCU, pin sensor BH1750 SCL dihubungkan ke D1 dan SDA dihubungkan ke D2 pada NodeMCU. Tegangan yang terdapat pada pin SCL dan SDA BH1750 sama walaupun nilai intensitas cahaya berubah-ubah.

Tabel 4. Hasil Pengujian Intensitas Cahaya

No	Tegangan pin 4 DHT11 (Volt)	Waktu	Intensitas Cahaya Pada Tampilan PC (lux)	Lampu
1.	3,3	05.00 AM	158	Nyala
2.	3,3	09.00 AM	654	Mati
3.	3,3	12.00 PM	1132	Mati
4.	3,3	15.00 PM	864	Mati
5.	3,3	18.00 PM	239	Nyala
6.	3,3	21.00 PM	98	Nyala
7.	3,3	00.00 AM	90	Nyala

Tabel 5. Hasil Pengujian Kelembaban Tanah

No	Tegangan pin A0 YL-69 (Volt)	Kelembaban Tanah YL-69 Pada Tampilan PC (RH)	Kondisi Tanah	Pompa Air DC
1.	3,3	400	Sangat Basah Sekali	Mati
2.	3,3	450	Sangat Basah	Mati
3.	3,3	500	Basah	Mati
4.	3,3	600	Cukup Basah	Mati
5.	3,3	700	Normal	Nyala
6.	3,3	800	Kering	Nyala
7.	3,3	900	Sangat Kering	Nyala

Hal ini karena sensor suhu BH1750 menghasilkan *output* digital yang keluarannya hanya 1 (HIGH) dan 0 (LOW). Dari sisi *output* keadaan sensor suhu BH1750 terdapat 2 kondisi yaitu lampu nyala atau mati.

D. Pengujian Kelembaban Tanah dengan Sensor YL-69

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kelembaban tanah pada tanah tanaman hias krisan sehingga sistem kontrol otomatis bisa mengatur pompa DC sebagai aktuator agar bisa aktif ketika kelembaban tanah dalam rumah kaca rendah (kering). Tanaman hias krisan memerlukan air

yang cukup dalam proses pertumbuhannya maka dari itu kelembaban tanah harus diatur sesuai kondisi yang dibutuhkan oleh tanaman hias krisan. Pengujian ini dilakukan pada rumah kaca dengan dimensi 40 cm × 35 cm × 60 cm serta sensor YL-69 diletakkan di dalam tanah yang berisi tanaman hias krisan agar penerapan alat dapat sesuai dengan kondisi yang ada pada rumah kaca. Hasil pengujian kelembaban tanah dengan sensor YL-69 dapat dilihat pada Tabel 5.

Pengujian dilakukan melalui beberapa waktu yang beragam. Pin VCC sensor di-hubungkan ke tegangan 3,3 Volt dari NodeMCU. *Ground* di-hubungkan ke *Ground* NodeMCU, pin

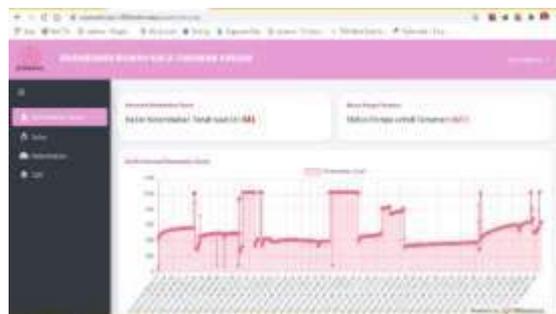
sensor YL-69 A0 dihubungkan ke pin analog A0 pada NodeMCU. Tegangan yang terdapat pada pin A0 pada YL-69 memiliki nilai analog, maka nilai yang dihasilkan oleh A0 NodeMCU akan selalu berubah-ubah sesuai pembacaan sensor. Dari sisi *output* sensor tanah YL-69 terdapat 2 kondisi yaitu pompa air DC nyala atau mati.

E. Pengujian Tampilan Website

Pengujian alat *telemonitoring* untuk kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara dan intensitas cahaya dapat diakses melalui tanamankrisan1.000webhostapp.com menggunakan komputer dan *laptop*. Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan hasil tampilan *website* sesuai dengan kondisi pembacaan sensor pada rumah kaca tanaman krisan, agar status dari setiap aktuator dapat bekerja sesuai nilai sensor yang telah ditentukan. Hasil tampilan *website* dapat dilihat pada Gambar 11 sampai Gambar 15.



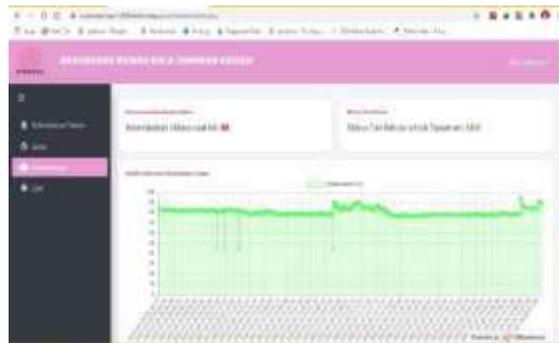
Gambar 11. Halaman Login.php



Gambar 12. Halaman Index.php



Gambar 13. Halaman Suhu.php



Gambar 14. Halaman Kelembaban.php



Gambar 15. Halaman Ldr.php

Berdasarkan hasil pengujian alat melalui *website villanical.com* hasil pengukuran yang ditampilkan telah sesuai dengan pengukuran pada masing-masing sensor. Data kelembaban tanah 641 RH, suhu 28.9 °C, kelembaban 86%RH dan intensitas cahaya 10 lux didapat dari hasil pengukuran sensor YL-69, sensor DHT11, dan BH1750 sesuai dengan data yang ditampilkan pada halaman *website tanamankrisan1.000webhostapp.com*.

Berdasarkan hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa data yang didapat dari pengukuran sensor YL-69, sensor DHT11, dan BH1750 dapat dikirim ke *website* dan dapat di-*monitoring* melalui *website*.

SIMPULAN DAN SARAN

Purwarupa alat *telemonitoring* untuk rumah kaca tanaman krisan berbasis IOT ini

ini sudah berhasil melakukan sistem otomatisasi penyiraman tanaman dan *monitoring* kondisi lingkungan pada rumah kaca berbasis NodeMCU ESP8266 dengan halaman *tanamankrisan1.000webhostapp.com*. Pada purwarupa ini telah berhasil menerapkan cara kerja penyiraman otomatis dan *monitoring* suhu, kelembaban udara dan intensitas cahaya berdasarkan:

- Lampu akan nyala pada intensitas cahaya <300 lux dan otomatis mati pada intensitas cahaya >300 lux.
- Motor sebagai pemompa air akan nyala saat kelembaban tanah >700RH dan otomatis mati pada kelembaban tanah <700 RH.
- Fan kedalam akan nyala saat suhu ruangan >30°C dan otomatis mati pada suhu ruangan < 30 °C.

- Fan keluar akan nyala saat kelembaban udara >700% dan otomatis mati pada kelembaban udara

Pengembangan untuk penelitian lanjutan dapat menggunakan sensor lebih dari satu dan ditempatkan pada tiap-tiap sudut ruang uji, dapat menggunakan *free energy* dalam perancangan alat ini agar alat dapat selalu aktif dengan jangka waktu yang cukup lama. Alat ini juga dapat dikembangkan pada aplikasi Android untuk diimplementasikan menggunakan telepon pintar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Prasetyo, “Rancang bangun compact green house berbasis mikrokontroler”, *Skripsi*, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, Surabaya, 2018.
- [2] Pustaka Jawatimuran, *Bunga krisan diminati banyak negara: potensi Jawa Timur (Edisi 08)*. Surabaya: Badan Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Jawa Timur, 2008.
- [3] B. Sudaryanto, *Budidaya tanaman krisan*. Yogyakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, 2006.
- [4] Balai Penelitian Tanaman Hias, *Krisan*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian), 2020.
- [5] D. S. Mustikawati, “Analisis strategi pengembangan usaha bunga potong krisan,” *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2010.
- [6] B. Marwoto, *Budidaya krisan potong*. Jakarta: Direktorat Budidaya Tanaman Hias, 2007. Tersedia: <http://hortikultura.litbang.pertanian.go.id>
- [7] W. K. Raharja dan B. Santoso, “Purwarupa alat telemonitoring keamanan ruangan menggunakan identifikasi sidik jari berbasis internet of things,” *Jurnal Electro Luceat*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [8] H. Nadzif, T. Andrasto, dan S. Aprilia, “Sistem monitoring kelembaban tanah dan kendali pompa air menggunakan arduino dan internet pada tanaman terong,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 1, hal. 26 – 30, 2019.
- [9] R. Najikh, M. Ichsan, dan W. Kurniawan, “Monitoring kelembaban, suhu, intensitas cahaya pada tanaman anggrek menggunakan ESP8266 dan arduino nano,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 11, hal. 4607 – 4612, 2018.

PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK INDUSTRI MODE PAKAIAN MUSLIM (STUDI KASUS: USAHA KECIL MENENGAH ORIS DI KELURAHAN KUNCIRAN, KOTA TANGERANG SELATAN)

¹Ratih Wulandari, ²Miftah Farid

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹ratih_wulandari@staff.gunadarma.ac.id, ²miftahfarid@gmail.com

Abstrak

Nilai kinerja antar jaringan rantai pasok menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan dalam persaingan bisnis bagi setiap pelaku usaha. Evaluasi pencapaian kinerja rantai pasokan saat ini dan sejauh mana keberhasilan manajemen rantai pasokan telah dilakukan diperlukan untuk mengukur kinerja rantai pasokan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi indikator kinerja rantai pasok dan mengukur nilai kinerja rantai pasokan UKM Oris. Pengukuran kinerja rantai pasokan dilakukan menggunakan atribut Keandalan metode Rantai pasok Operations Reference (SCOR) yang diorganisasikan dalam 5 (lima) proses Rantai pasok utama yaitu : Plan, Source, Make, Deliver, dan Return, Proses normalisasi dengan rumus normalisasi Snorm de boer dan Proses Hirarki Analitik (AHP) yang digunakan untuk menghitung bobot atau tingkat kepentingan dari setiap metrik SCOR. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai indikator Pemenuhan Pesanan Sempurna adalah 78,41% dengan selisih persentase yang besar yaitu 21,59% dari nilai target 100%. Nilai kinerja masuk kategori "Good" jika mengacu pada tabel sistem monitoring indikator kinerja. Indikator yang paling berpengaruh adalah Ketersediaan supplier, fleksibilitas dalam pembuatan produk, biaya produksi, lama rata-rata masa pakai mesin jahit dan waktu untuk mengganti produk yang rusak.

Kata Kunci: AHP, pengukuran kinerja, rantai pasokan, SCOR

Abstract

The value of performance of supply chain networks is an indicator of success in business competition for every business actor. Evaluation of current rantai pasok performance achievements and the extent to which rantai pasok management success has been carried out, it is necessary to measure rantai pasok performance. This study aims to identify rantai pasok performance indicators, measurerantai pasok performance with the SCOR model. Measurement of rantai pasok performance is carried out using the Reliability attribute of the Rantai pasok Operations Reference (SCOR) method which is organized in 5 (five) main Rantai pasok processes, namely: Plan, Source, Make, Deliver, and Return, normalization process with the Snorm de boer normalization formula and Process Analytical Hierarchy (AHP) is used to calculate the weight or level of importance of each SCOR metric. Based on the results of the study note that the indicator value of Perfect Order Fulfillment is 78.41% with a large percentage difference of 21.59% of the target value of 100%. Performance values are categorized as "Good" when referring to the monitoring system table for performance indicators. The most influential indicators are supplier availability, flexibility in product manufacturing, production costs, average length of life of the sewing machine and time to replace damaged products.

Keywords: AHP, performance measurement, SCOR, supply chain

PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering dihadapi dalam menjalankan proses bisnis, yaitu perubahan permintaan secara mendadak yang mempengaruhi perubahan jumlah pemesanan bahan baku kepada supplier sehingga tidak semua supplier mampu memenuhi pesannya, ditemukan bahanbaku yang cacat, lama waktu pengiriman bahan baku kepada perusahaan dan produk yang dikembalikan kepada perusahaan karena tidak sesuai dengan pesanan.

Pengukuran kinerja merupakan penentu-an secara periodik efektivitas operasional dari suatu organisasi sebagai bagian organisasi dan karyawannya, berdasarkan : sasaran, standar dan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya[1].Hal ini perlu dilakukan karena rantai pasok bukan hanya melibatkan internal perusahaan saja akan tetapi supplier pun harus memiliki kinerja yang bagus[2]. Selain itu jika kinerja rantai pasokan suatu organisasi meningkat maka semakin mudah mencapai tujuan akhirnya atau target yang ingin dicapai. Sebaliknya, jika kinerja rantai pasok tidak optimal maka keuntungan yang akan diperoleh akan berkurang karena tidak mencapai tujuan atau target dan proses bisnis tidak berjalan efektif serta efisien.

Trend penggunaan busana muslim di tanah air terus mengalami perkembangan pesat. Seiring berjalannya waktu masyarakat Indonesia yang mayoritas memeluk agama Islam mulai menjadikan busana muslim

termasuk hijab sebagai bagian dari mode pakaian item utama. Pangsa pasar yang luas tidak hanya di dalam negeri menjadi salah satu alasan industri busana muslim memiliki potensi yang cukup besar. Industri mode pakaian menyumbang 50 persen dari pendapatan negara di bidang industri kreatif dan terdapat 2-3 persen pertumbuhan ekspor setiap tahunnya[3].

Industri mode pakaian muslim melakukan kegiatan yang meliputi pembelian bahan baku, proses produksi, dan pendistribusian produk ke beberapa pelanggan. Dalam penelitian ini difokuskan pada industri mode pakaian muslim dengan skala industri rumah tangga dan usaha kecil dan menengah (UKM) agar dapat mengoptimalkan produksi hijab muslimah hingga produk diterima oleh pelanggan dan tidak kalah saing dengan industri mode pakaian skala besar. Salah satu upaya yang dapat ditempuh adalah dengan melakukan pengukuran kinerja rantai pasok perusahaan.

UKM Oris merupakan usaha mode pakaian muslim terutama produk gamis dan hijab. Untuk mendukung kegiatannya UKM Oris berusaha menjaga kerjasama yang baik dengan semua rekanan, mulai dari pemasok bahan baku, jasa distribusi dan juga konsumen maka UKM Oris terus berupaya untuk mempertahankan dan meningkatkan kinerja agar dukungan dari semua rekanan dapat berjalan baik. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk pengukuran kinerja rantai pasok industri mode pakaian

muslim dengan menggunakan model *Supply Chain Operations Reference* (SCOR) dan pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Dimana model SCOR digunakan untuk mengukur Atribut *Reliability* Indikator pemenuhan pesanan secara sempurna. AHP digunakan untuk menghitung bobot atau tingkat kepentingan dari masing-masing indikator metrik SCOR.

Pengukuran kinerja rantai pasok perusahaan telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, antara lain: Pengukuran Kinerja Rantai pasok Dengan Menggunakan Rantai pasok *Operations Reference* (SCOR) Berbasis *Analytical Hierarchy Process* (AHP) [4]. Penentuan Kriteria dalam Pemilihan Supplier pada Kontraktor Migas Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* [5]. Pengukuran Performansi Rantai pasok pada Industri Batik Tipe Produksi *Make-To-Stock* [6]. Tujuan penelitian ini adalah menghitung total nilai kinerja rantai pasok UKM Oris dengan menggunakan metode *Supply Chain Operations Reference* (SCOR) dan pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada usaha kecil menengah yang bergerak dalam industri mode pakaian muslim yang berada di Kelurahan Kunciran, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten, Indonesia. Fokus kajian pada penelitian ini adalah mengukur atribut-atribut SCOR dalam penentuan kinerja

industri mode pakaian muslim dengan model SCOR dikembangkan oleh *Rantai pasok Council* (SCC), proses normalisasi dilakukan dengan rumus normalisasi *Snorm de boer* dan pembobotan dengan menggunakan pendekatan *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Pengukuran kinerja rantai pasok pada penelitian ini menggunakan metode SCOR. Metode SCOR dapat mengevaluasi rantai pasok melalui konsep penjabaran proses inti yaitu plan, source, make, deliver, dan return yang dikonfigurasi dengan aktual bisnis perusahaan. Dengan cara ini diharapkan perusahaan dapat mengevaluasi jaringan rantai pasok dan dapat mengidentifikasi indikator mana yang memerlukan perbaikan. Menurut Georgise & Thoben, (2013) model SCOR merupakan sebuah proses referensi model yang berfungsi sebagai alat untuk mendiagnosa *Rantai pasok Management* (SCM). Dengan menggunakan model SCOR maka dapat dilakukan pengukuran setiap aktivitas-aktivitas dalam proses bisnis perusahaan secara mendetail mulai dari hulu hingga hilir. SCOR menyediakan perusahaan dengan alat dasar pemodelan proses, database pasokan yang luas, dan panduan tentang bagaimana mengukur operasi rantai pasok [7].

Jenis Data

Data primer diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan dengan menggunakan teknik wawancara dengan instrument berupa kuesioner. Responden merupakan pemilik usaha UKM oris dan juga

staf administrasi berdasarkan elemen rantai pasokan di UKM Mode pakaian muslim. Data primer data pemenuhan bahan baku, data permintaan, ketepatan waktu pengiriman, ketepatan waktu penerimaan order, data kerusakan produk, verifikasi jumlah dan kualitas produk dari Supplier dan verifikasi jumlah dan kualitas produk dari konsumen.

Data sekunder merupakan data pendukung dari data primer yaitu data atau sumber yang didapat dari pihak lain, antara lain data dokumentasi UKM, buku referensi dan informasi lain yang berhubungan dengan penelitian seperti jurnal, dan penelitian terdahulu.

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Metode analisis model SCOR. Model ini dikembangkan oleh suatu lembaga profesional, yaitu *Supply Chain Council* (SCC). SCC diorganisasikan pada tahun 1996. Model ini dikembangkan untuk mendeskripsikan aktivitas bisnis yang diasosiasikan dengan seluruh fase yang terlibat untuk memenuhi permintaan

konsumen[8]. Ada 5 (lima) proses *Rantai pasok* utama yaitu : *Plan, Source, Make, Deliver, dan Return*. Selanjutnya proses normalisasi *Snorm De Boer*, untuk nilai akhir dari pengukuran performansi ada 2 macam yaitu *Large is better* (semakin besar nilai semakin baik) dan *Lower is better* (semakin kecil nilai semakin baik). Tahap selanjutnya *Analitycal Hierarchy Process* (AHP) dengan menggunakan *pairwise comparison matrix* atau matriks perbandingan berpasangan untuk menghasilkan bobot relatif antar kriteria maupun alternatif. Tahap terakhir adalah menilai pencapaian performansi terhadap nilai pencapaian terbaik atau target yang ingin dicapai oleh perusahaan dengan sistem monitoring indikator performansi (Tabel 1). Jika nilai kinerja < 40 maka pencapaian performansinya dapat dikategorikan kedalam kondisi yang sangat rendah (*poor*) sedangkan jika skor normalisasi mencapai nilai diatas 90 maka dapat dikategorikan sangat baik sekali (*excellent*). Berikut ini merupakan tabel sistem monitoring indikator performansi.

Tabel 1. Sistem Monitoring Indikator Performansi

Sistem Monitoring	Indikator Performansi
< 40	<i>Poor</i>
40-50	<i>Marginal</i>
51-70	<i>Average</i>
71-90	<i>Good</i>
> 90	<i>Excellent</i>

Sumber : Trienekens dan Holby (2000)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kinerja rantai pasok pada UKM Oris dengan menggunakan model SCOR mendapatkan hasil kinerja rantai pasok perusahaan berdasarkan nilai yang diorganisasikan dalam 5 (lima) proses Rantai pasok utama yaitu *plan* (proses merencanakan), *source* (proses pengadaan), *make* (proses produksi), *deliver* (proses distribusi), dan *return* (proses pengembalian). Sedangkan level dua merupakan dimensi yang ada pada metode SCOR, antara lain : *reliability*, *responsiveness*, *flexibility*, *cost*, dan *asset*. Dimensi *cost* dan *asset* akan tetap dipakai dalam pengukuran ini karena keduanya mungkin saja berpengaruh terhadap hasil dari penelitian ini. Meskipun tidak mendetail dan hanya garis besarnya saja, dimensi *cost* dan *asset* tetap akan dicantumkan. Level tiga dalam pengukuran ini adalah KPI (*Key Performance Indicator*).

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran kinerja rantai pasok industri mode pakaian muslim dengan rentang waktu 6 bulan yang telah dimasukkan perhitungan normalisasi *Snorm de boer*. Tabel ini berfungsi untuk memudahkan pembaca dalam membaca nilai kinerja aktual (Si), kinerja terbaik (Smax), serta kinerja terburuk (Smin) yang dialami perusahaan.

Berdasarkan Tabel 2 semua *key performance indicator* (KPI) memiliki nilai bobot yang berbeda dengan skala ukurnya yang berbeda, proses penyamaan parameter

dilakukan dengan cara normalisasi dimana setiap bobot KPI dikonversikan ke dalam interval nilai tertentu yaitu 0 sampai 100, Nol/0 diartikan paling buruk dan seratus/100 diartikan paling baik[9].

Nilai kinerja aktual (Si) mendekati nilai target kinerja terbaik (Smax) dan tidak ada yang mencapai dari nilai kinerja terburuk (Smin).

Contoh pada proses ini Plan, dimensi: *reliability* untuk KPI: Pertemuan dengan pelanggan memperoleh nilai kinerja aktual (Si) dari pertemuan dengan konsumen sebesar 22 kali. Hal ini dikarenakan pertemuan tersebut rata-rata dilakukan sebulan 4 kali untuk membahas spesifikasi hijab yang diminta oleh konsumen untuk kemudian diproduksi. Rekapitulasi pertemuan dengan pelanggan mulai bulan januari sampai juni yaitu sebanyak 22 kali, hal ini dikarenakan pada bulan juni, pemilik perusahaan bertemu dengan pelanggan hanya sebanyak 2 kali. Sedangkan nilai terbaiknya adalah 24 kali dan nilai terburuknya adalah 12 dalam waktu 6 bulan.

Perhitungan Analytical Hierarchy Process

Setelah dilakukan pengukuran kinerja dengan menggunakan model SCOR, dilanjutkan dengan pembuatan bobot prioritas untuk setiap level dengan menggunakan perhitungan AHP. Nilai bobot pada KPI yang didapat pada perhitungan AHP dikalikan dengan nilai dari perhitungan dengan rumus normalisasi *Snorm de boer*. Hasil dari nilai kinerja KPI dijumlah antar *Key Performance*

Indikator untuk mendapatkan total tiap dimensi. Output dari perhitungan ini berupa bobot yang harus konsisten dengan syarat *Consistency Ratio* (CR) kurang atau sama dengan 0,1.

Tabel 3. merupakan hasil perhitungan bobot dan rasio konsistensi untuk level satu yang dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan diantara kelima proses dalam SCOR yaitu *plan*, *source*, *make*, *deliver*, dan *return*.

Berdasarkan tabel diatas untuk pembobotan level 1 bobot paling besar ber-

ada pada proses “Plan” 0,263, yang artinya pada tahapan perencanaan paling diprioritaskan dibandingkan dengan empat proses lainnya. Jika hasil perhitungan CR lebih kecil atau sama dengan 10% , ketidak konsistenan masih bisa diterima, sebaliknya jika lebih besar dari 10%, tidak bisa diterima. Hasil perhitungan pada penelitian ini didapat nilai CR sebesar 0,04, dimana nilai tersebut lebih kecil dari 0,1 maka ketidak konsistenan masih bisa diterima. Pembobotan tingkat kepentingan untuk level dua dan level 3 juga dilakukan seperti level 1.

Tabel 2. Data Key Performance Indicator UKM

Proses Inti	Dimensi	Key Performance Indicator	Si	Smax	Smin
Plan	reliability	Pertemuan dengan pelanggan	22 kali	24 kali	12 kali
		Waktu mengidentifikasi kinerja karyawan	1,67 hari	1 hari	3 hari
	responsiveness	Jangka waktu mengidentifikasi spesifikasi produk baru	1,3 hari	1 hari	3 hari
		Jangka waktu penjadwalan produksi	1,3 hari	1 hari	3 hari
Source	reliability	Kecacatan bahan baku	2%	2%	3%
		Pemenuhan bahan baku	95,5%	100%	89%
		Kehandalan dalam pengiriman	95%	100%	90%
	responsiveness	Lead time bahan baku	22 hari	18 hari	24 hari
	flexibility	Ketersediaan <i>supplier</i>	3 toko	3 toko	2 toko
cost	Biaya pemesanan bahan baku ke <i>supplier</i>	739.200	741.000	750.000	
Make	reliability	Kesalahan dalam pengepakan	3.326	2.217	4.435
		Jumlah produk yang cacat	2.956	2.217	4.435
	responsiveness	Waktu pembuatan produk	1 hari	1 hari	2 hari
		Ketanggapan memproduksi pesanan konsumen yang bervariasi	2,67 hari	2 hari	4 hari
		flexibility	Fleksibilitas dalam pembuatan produk	10 jenis	10 jenis
	cost	Biaya produksi	150.000	150.000	160.000
asset	Lama rata-rata masa pakai mesin jahit	15 thn	15 thn	10 thn	
Deliver	reliability	Tingkat pemenuhan persediaan produk jadi siap kirim	97%	100%	95%
		Tingkat kehabisan produk	8%	6%	12%
	responsiveness	Lead time produk jadi	6,67 hari	6 hari	8 hari

Proses Inti	Dimensi	Key Performance Indicator	Si	Smax	Smin
Return	<i>reliability</i>	Tingkat komplain dari pelanggan	8 kali	6 kali	10 kali
	<i>responsiveness</i>	Waktu untuk mengganti produk yang rusak	1 hari	1 hari	2 hari

Keterangan : Si adalah Nilai indikator aktual yang berhasil dicapai, Smin adalah Nilai pencapaian performansi terburuk dari indikator kinerja dan Smax adalah Nilai performansi terbaik dari indikator kinerja

Tabel 3. Bobot dan CR Level 1

Proses	<i>Plan</i>	<i>Source</i>	<i>Make</i>	<i>Deliver</i>	<i>Return</i>
Bobot	0,263	0,238	0,209	0,143	0,147
<i>Consistency (CR)</i>	<i>Ratio</i>		0,04		

Tabel 4. Nilai Akhir Kinerja Rantai Pasok (Level 1)

Proses Inti	<i>Plan</i>	<i>Source</i>	<i>Make</i>	<i>Deliver</i>	<i>Return</i>
Skor	74,96	78,14	91,05	65,74	79,4
Bobot	0,263	0,238	0,209	0,143	0,147
Nilai Akhir	19,71	18,6	19,03	9,4	11,67
Total	78,41				

Perhitungan Nilai Akhir Kinerja Rantai Pasok

Perhitungan nilai akhir kinerja rantai pasok industri mode pakaian muslim dilakukan dengan cara mengalikan setiap skor normalisasi yang telah didapat dari rumus normalisasi *Snorm de boer* dengan bobot dari setiap ruang lingkup mulai dari KPI di level tiga, perhitungan dimensi di level dua dan terakhir perhitungan proses di level 1.

Tabel 4. merupakan hasil akhir perhitungan nilai kinerja rantai pasok pada level 1. Nilai terakhir paling tinggi berada pada proses 'Plan' 19,71 yang diikuti proses 'Make' sedangkan untuk nilai akhir paling kecil berada pada proses 'Deliver' 9,4 hal ini

menandakan perlu adanya evaluasi khusus agar dapat menaikkan tingkat kinerja.

Untuk memantau nilai pencapaian performansi terhadap nilai pencapaian terbaik atau target yang ingin dicapai maka dapat dilihat berdasarkan sistem monitoring indikator performansi. Secara keseluruhan total nilai kinerja rantai pasok industri mode pakaian muslim adalah 78,41 dengan kategori "Good" sesuai acuan Tabel 1. sistem monitoring indikator kerja.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil evaluasi kinerja industri mode pakaian muslim mendapat nilai nilai akhir 78,41, sesuai tabel Sistem Monitoring

Indikator Performansi maka nilai tersebut masuk dalam rentang sistem monitoring 70-90 dengan indikator performansi “Good”. Hal tersebut ditunjukkan oleh perhitungan metrik SCOR bahwa kinerja yang diorganisasikan dalam 5 (lima) proses Rantai pasok utama yaitu : *Plan, Source, Make, Deliver, dan Retur*, berada mendekati harapan perusahaan.

Saran yang dapat diberikan bagi industri mode pakaian muslim difokuskan pada peningkatan kinerja dengan indikator yang memiliki kinerja rendah seperti KPI Tingkat pemenuhan persediaan produk jadi siap kirim, tingkat kehabisan produk, *lead time* produk jadi sehingga mampu mengatasi kinerja yang kurang baik dan terus mempertahankan KPI yang memiliki kinerja baik. Meskipun tergolong baik, akan tetapi tetap perlu mengadakan perbaikan dan evaluasi kembali terhadap nilai-nilai indikator kinerja yang ada terutama pada proses deliver yang mendapat nilai kinerja paling kecil dibandingkan dengan proses lainnya

Sedangkan bagi peneliti selanjutnya, disarankan mampu memberikan strategi-strategi rantai pasok untuk memingkatkan meningkatkan keunggulan kompetitif dengan pendekatan manajemen resiko.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyadi. *Sistem Perencanaan dan Pengendalian Manajemen*. Jakarta: Salemba Empat.2005.
- [2] Pujawan, I Nyoman dan Mahendrawathi ER. *Rantai pasok Management*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. 2017.
- [3] Dr. Pantri Heriyati, SE., M.Comm., Dr. Taufani C. Kurniatun, M.Si. · analisa Triple Helix Pada Industri Mode pakaian Di Jakarta, Business & Economics. 2020 ·
- [4] Wigati, Dhaniya Tri, dkk.. Pengukuran Kinerja Rantai pasok Dengan Menggunakan Rantai pasok Operations Reference (SCOR) Berbasis Analytical Hierarchy Process (AHP). Jurnal Jurusan Teknik Industri Universitas Universitas Islam Indonesia. 2017.
- [5] Yadrifil, dan Tri Ahmad Sarrifudin. *Penentuan Kriteria dalam Pemilihan Supplier pada Kontraktor Migas Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process*. Jurnal Teknik Industri Universitas Indonesia.2013.
- [6] Immawan,T., Pratama, C. Y. Pengukuran performansi rantai pasok pada industri batik tipe produksi make-to-stock dengan menggunakan model SCOR 11.0 dan pembobotan AHP: kasus batik Gunawan Setiawan, Surakarta. Teknoin, 22(1), pp.68-79. 2016.
- [7] Persson, F. *SCOR template-A simulation based dynamic rantai pasok analysis tool*. *International Journal of Production Economics*, 131(1), pp. 288–294.2011.
- [8] Supply Chain Council. *Supply Chain*

- Operations Reference Model Version 8.0. Working paper.
- [9] Vanany, I., P. Suwignjo, and D. Yulianto. (2005). Design of supply chain performance measurement system for lamp industry. 1st International Conference on Operations and Supply Chain Management, Bali, Indonesia

THERMAL ANALISIS INJECTION MOLDING PADA COVER AIR FLOW TERHADAP SHORT MOLD DEFECT

¹Muhammad Yusuf Nurfani, ² Irvan Septyan Mulyana

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

^{1,2} Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹ yusufnur18@staff.gunadarma.ac.id, ² irvansepty@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Plastik Injection Molding (PIM) merupakan proses produksi pembentukan material plastik dari material resin berbentuk butiran yang digunakan dalam membuat suatu komponen manufaktur. Defect atau kecacatan yang umumnya terjadi pada plastik injection molding yaitu short mold yaitu kondisi dimana part yang dihasilkan tidak terisi material plastik secara sempurna. Pada penelitian membahas tentang analisa panas pada cover air flow terhadap short mold defect. Metode yang digunakan adalah metode perhitungan actual dan analisa aktual terhadap part injection kemudian membandingkan hasil dari variasi suhu. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Polypropylene (PP) dengan grade M560 yang dimasukkan kedalam injection molding dengan tekanan 96 Mpa. Suhu yang akan dianalisis yaitu 130°C dengan cooling time 15 second, suhu 150°C cooling time 19 second dan suhu 170°C cooling time 23 second. pada barrel. Hasil penelitian ini menunjukkan temperatur 170°C dengan cooling time 23 detik dapat mengatasi masalah short shot pada cover air flow pada saat proses injection part.

Kata Kunci: cooling time, injection molding, short shot, thermal analysis

Abstract

Plastic Injection Molding (PIM) is production process of plastic materials forming from resin materials for used produce manufacturing component. Defects in plastic injection molding process is short shot, this defect issue is resin does not fill fully to molding. This research is discusses analysis of heat on cover air flow against short mold defects. Method used in this research is actual calculation method and actual analysis of injection part and then compare the results temperature variations. Raw material used in this research is Polypropylene (PP) with grade M560 inserted to injection molding with a pressure of 96 Mpa. Temperatures analyzed 130°C with cooling time 15 second, temperature 150°C cooling time 19 second, and temperature 170°C cooling rime 23 second.. The results show that temperature of 170°C with cooling time of 23 seconds can be fix defect of short shot on the cover air flow when injection processing to the part.

Keywords: cooling time, injection molding, short mold, thermal analysis

PENDAHULUAN

Plastik Injection Molding merupakan proses pembentukan material plastik dengan bahan baku bijih plastik dalam membuat suatu produk. Proses dari injection molding yaitu pemrosesan thermoplastik dimana material meleleh karena proses pemanasan

dan diinjeksikan ke cetakan atau molding. Defect yang terjadi pada proses injection molding salah satunya yaitu short shot, dimana raw material yang masuk kedalam molding tidak terisi secara sempurna hal ini disebabkan karena masalah suhu saat melting proses. Penelitian terdahulu tentang Pengaruh Suhu dan Tekanan Injeksi terhadap Short

Shot produk Polikarbonat pada mesin *Injection Molding* dengan metode *variable* suhu dengan hasil *short shot* yang kecil dengan adanya kenaikan suhu [1]. Penelitian lain tentang analisis cacat *short shot* dalam proses *injection molding* pada komponen *Shourd Fan* dengan metode *setting point* suhu pada material *PP COSMOPLANE X660T R299* dimana *sensor* suhu mempengaruhi hasil dari hasil produk [2]. Analisa penyusutan produk plastik pada proses *Injection Molding* menggunakan material *Polypropylene* dengan metode observasi dimana pendinginan menggunakan *cooling tower* memiliki tingkat efektivitas dalam penyusutan hasil *Injection* yang lebih baik [3]. Pengaruh *Injection Time* dan *Backpressure* terhadap cacat penyusutan pada produk dengan *Injection Molding* menggunakan material *Polistyrene* dengan metode numerik dimana pengaruh waktu berpengaruh terhadap penyusutan produk [4]. *The analysis of short shot possibility in injection molding process* dimana analisa menggunakan metoda *Finite Element Method (FEM)* dimana hasil menunjukkan bahwa waktu pengisian material dan suhu leleh raw material mempengaruhi hasil dari produk [5]. Optimalisasi parameter proses injeksi pada *ABS Recycle* material dengan metode *design of experiment (DOE)* menggunakan *software minitab* dimana hasil menunjukkan bahwa suhu dan *cooling time* mempengaruhi hasil *injection molding* [6]. *Effect of Injection Temperature on Defect Plastic Product* dengan menggunakan metode *experimental* dimana *temperature* mem-

pengaruhi hasil dari produk [7]. *Design Molding Microwave Mengatasi Short Shot Produk Injection Plastik* dengan menggunakan yaitu menganalisa pendistribusian material menggunakan software berbasis elemen hingga [8], *Analysis of Injection Molding Process to Reduced Defect (Short-Shot)* yaitu menganalisa geometrik parameter terhadap *short shot* menggunakan software dengan finite element method (FEM) [9].

Berdasarkan penelitian terdahulu, waktu pendinginan pada molding juga mempengaruhi *defect* dari *short shot* pada produk. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh suhu dan *cooling time* pada *Cover Air Flow* dengan menggunakan material *Polypropylene (PP) grade M560*, dimana *cooling time/waktu pendinginan* mempengaruhi hasil dari proses pembentukan material. Metode analisis menggunakan alat bantu mesin *injection* dengan kapasitas 480 Ton dan molding *Cover Air Flow* untuk mengetahui hasil dari proses *injection molding*. Metode perhitungan secara teoritis terhadap *cooling time* dari setiap suhu bertujuan untuk input *setting injection molding* yang optimal untuk mengantisipasi *short shot defect*.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini adalah menganalisa pengaruh suhu dan *cooling time* terhadap *defect short shot* pada *Cover Air Flow* yang dilakukan dengan

beberapa tahapan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

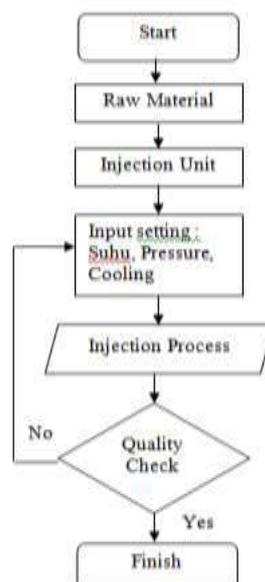
Pada Gambar 1 merupakan proses pembuatan *Cover Air Flow* yaitu memasukan material resin PP pada mesin *injection*, kemudian proses setting suhu, dan variable data. Setelah proses input selesai akan dilakukan proses *injection* pada molding *Cover Air Flow*. Hasil dari proses *injection* akan dilakukan evaluasi terhadap defect *short shot*. Jika terjadi *shot shot* akan dilakukan setting suhu atau variable suhu yang tepat.

Proses Analisa Setting Injection Cover Air Flow

Tahapan pada proses analisa *setting injection mold* pada *Cover Air Flow* yaitu mengumpulkan data melalui literatur terkait. Hasil dari pengolahan data (perhitungan) terkait suhu, *pressure*, dan *cooling time* yang akan di aplikasikan pada mesin *injection*.

Variable suhu yang akan dianalisa yaitu 130°C, 150°C dan 170°C. Untuk variable *cooling time* akan dilakukan perhitungan secara teoritis untuk mendapatkan *cooling time* yang optimal. Hasil dari proses *injection molding* maka akan dianalisa *short shot* yang terjadi berdasarkan parameter input yang telah di aplikasikan pada mesin *injection*. Material yang akan digunakan adalah PP M560 yang akan dimasukan kedalam mesin *injection* dengan kapasitas 450 Ton.

Pada Gambar 1 merupakan proses pembuatan *Cover Air Flow* yaitu memasukan material resin PP pada mesin *injection*, kemudian proses setting suhu, dan variable data. Setelah proses input selesai akan dilakukan proses *injection* pada molding *Cover Air Flow*. Hasil dari proses *injection* akan dilakukan evaluasi terhadap defect *short shot*. Jika terjadi *shot shot* akan dilakukan setting suhu atau variable suhu yang tepat.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

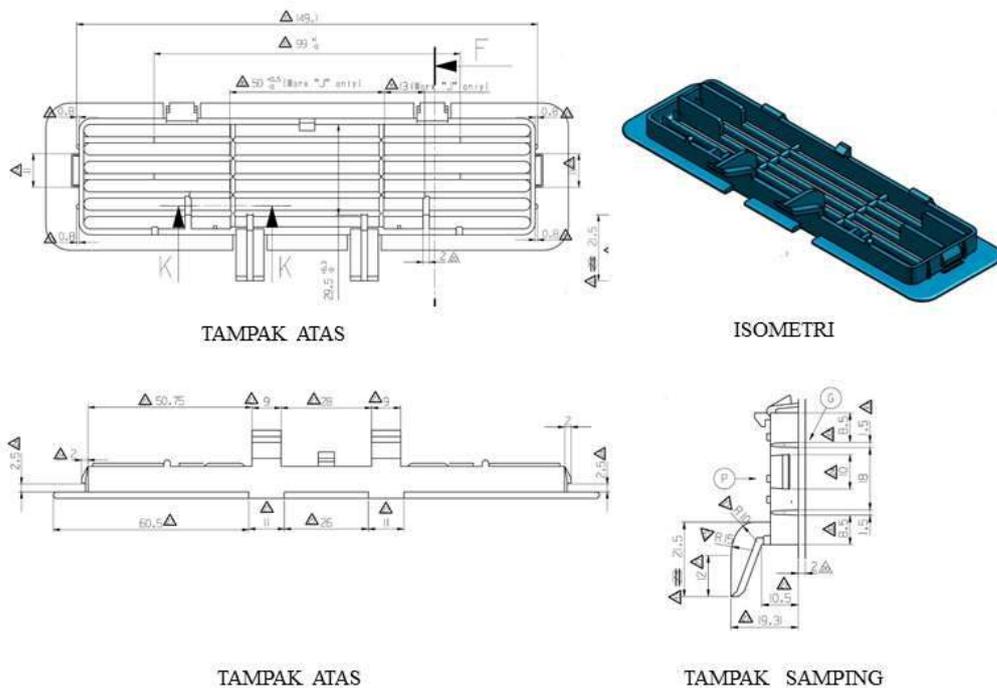
Proses Analisa Setting Injection Cover Air Flow

Tahapan pada proses analisa *setting injection mold* pada *Cover Air Flow* yaitu mengumpulkan data melalui literatur terkait. Hasil dari pengolahan data (perhitungan) terkait suhu, *pressure*, dan *cooling time* yang akan di aplikasikan pada mesin *injection*. Variable suhu yang akan dianalisa yaitu 130°C, 150°C dan 170°C. Untuk variable *cooling time* akan dilakukan perhitungan secara teoritis untuk mendapatkan *cooling time* yang optimal. Hasil dari proses *injection molding* maka akan dianalisa *short*

shot yang terjadi berdasarkan parameter input yang telah di aplikasikan pada mesin *injection*. Material yang akan digunakan adalah PP M560 yang akan dimasukan kedalam mesin *injection* dengan kapasitas 450 Ton.

Data sheet desain dan spesifikasi Injection Machine

Pada Gambar 2 merupakan detail drawing ukuran *Cover air flow* yang akan dilakukan proses *Plastik Injection Molding* dengan lebar pada bagian kisi *air flow* 149.1 mm dengan ketebalan ketebalan 2.5 mm pada bagian kisi *air flow* dengan tinggi 41 mm.



Gambar 2. Cover Air Flow dimension skala 1:15

Data Spesifikasi Injection Machine dan Resin PP

Pada Tabel 1 merupakan spesifikasi *injection machine* yang digunakan untuk

proses pembuatan *cover air flow* dengan kapasitas motor 39.4 kW dan screw torque 6688 Nm, . Untuk *cooling process* memiliki *pump flow* 369 L/Min.

Pada Gambar 3 merupakan resin *polypropylene* (PP) dengan grade M560, merupakan material thermo plastik yang akan digunakan dalam proses pembuatan *cover air flow*. Dengan Melt Index 27 g/10min, dan density 0.90 g/cm³.

Pada Tabel 2 merupakan *Material Sheet Data Sheet* (MSDS) dari material PP M560 yaitu zat-zat pembentuk yaitu terdiri dari Propene Polymer 60%, Talc 25%, Quatz (SuO₂) 10%, Aluminium Oxide 0~5% dan Diantimony tioxide 0~0.99%.

Tabel 1. Spesifikasi Injection Machine

No	Description	Unit	Injection Unit
1	Manufacture		Yizumi
2	Model		EP260SKII
3	Clamping Force	kN	8000/9000
4	Injection Pressure	Mpa	218
5	Pump Flow	L/Min	369
6	Motor	kW	39.4
7	Screw Torque	Nm	6688



Gambar 3. Resin PP Grade M560

Tabel 2. MSDS Resin PP M560

No	Component	CAS Number	Percentage
1	Propene Polymer	9010-79-1	60%
2	Talc	14807-96-6	25%
3	Quatz (SiO ₂)	14808-60-7	10%
4	Aluminium Oxide	1344-28-1	0~5%
5	Diantimony trioxide	1309-64-4	0~0.99%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil metode perhitungan

Pada penelitian ini diperlukan perhitungan untuk setting *pressure injection* pada mesin

injection mold dengan perhitungan sebagai berikut [6].

$$P_h = \frac{P_s \times A_s}{A_h} \quad (1)$$

Persamaan (1) dimana (Ps) *pressure screw/injection pressure* sebesar 2180 Bar, (As) luas *screw* sebesar 75mm² dan (Ah) luas *hydraulic* sebesar 150 mm². Didapatkan hasil *pressure hydraulic* sebesar 961 Bar/ 96 Mpa.

Berdasarkan perhitungan menggunakan

persamaan (1) *pressure hydraulic* di *setting* pada *injection machine* sebesar 961 Bar/ 96 Mpa. Hasil perhitungan *pressure mesin injection* maka akan dihitung untuk menentukan *cooling time* menggunakan persamaan (2) sebagai berikut [6].

$$S = \frac{-t^2}{2 \times \pi \times \alpha} \times \ln \left[\frac{\pi}{4} \times \frac{(T_r - T_m)}{(T_c - T_m)} \right] \quad (2)$$

Persamaan (2) dimana (t) tebal *part* sebesar 3 mm, dengan (α) *thermal diffusy resin* sebesar 0.096 mm²/s, (Tr) *Ejection* suhu 80°C, suhu *molding* (Tm) 40°C (Tc) suhu *cylinder* 130°C,

suhu *molding* (Tm) 43°C (Tc) suhu *cylinder* 150°C, suhu *molding* (Tm) 48°C (Tc) suhu *cylinder* 170°C.

$$S = \frac{-3^2}{2 \times \pi \times 0.096} \times \ln \left[\frac{\pi}{4} \times \frac{(80 - 40)}{(130 - 40)} \right] = 15 \text{ second}$$

Pada Gambar 4 merupakan hasil dari proses *injection* pada *Cover Air Flow* dengan suhu *cylinder* 130°C, *Pressure* 96 Mpa dan *cooling time* sebesar 15 *second* dapat diketahui *part* mengalami *defect short shot* pada bagian atas *part*. Hal ini disebabkan rendahnya suhu pada saat proses *injection* dan *cooling time* yang terlalu singkat pada saat proses pengisian material menuju *molding*, sehingga material PP belum mengisi *moldng* secara sempurna.

Pada Gambar 5 merupakan hasil dari proses *injection* pada *Cover Air Flow* dengan

suhu *cylinder* 150°C, *Pressure* 96 Mpa dan *cooling time* sebesar 19 *second* masih mengalami *defect short shot*. Hasil dari *injection* telah mengalami *improvement* pada hasil *injection material* mengisi hampir menyeluruh pada *molding* namun masih mengalami *short shot*.

Pada Gambar 6 merupakan hasil dari proses *injection* pada *Cover Air Flow* dengan suhu *cylinder* 170°C, *Pressure* 96 Mpa dan *cooling time* sebesar 23 *second* dapat diketahui *short shot* sudah tidak terjadi pada *part*.



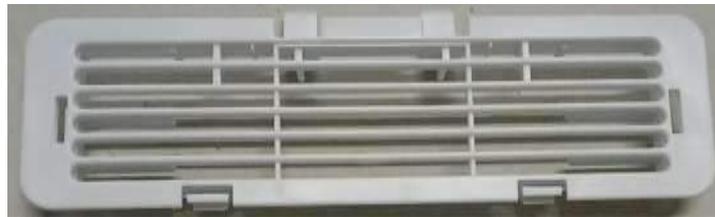
Gambar 4. Hasil Proses Injection pada *Cover Air Flow* 130°C

$$S = \frac{-3^2}{2 \times \pi \times 0.096} \times \ln \left[\frac{\pi}{4} \times \frac{(80 - 43)}{(150 - 43)} \right] = 19 \text{ second}$$



Gambar 5. Hasil Proses Injection pada *Cover Air Flow* 150°C

$$S = \frac{-3^2}{2 \times \pi \times 0.096} \times \ln \left[\frac{\pi}{4} \times \frac{(80 - 48)}{(170 - 48)} \right] = 23 \text{ second}$$



Gambar 6. Hasil Proses Injection pada *Cover Air Flow* 170°C

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, *short shot defect* dipengaruhi oleh suhu dan *cooling time* yang tepat. Pada (T_c) suhu *cylinder* 170°C dengan (S) *Cooling time* 23 *second* memiliki hasil yang sempurna dalam proses *injection Cover Air Flow* dengan material PP M560. Dari hasil penelitian masih dimungkinkan untuk melakukan *improvement* pada *cooling system* dengan penambahan debit air pada *inlet* dan *outlet*

atau dengan menambahkan *cooling line* pada *molding*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ega Holiyan M.L, Syabani, M.W dan Wulung, R.B.S, “Pengaruh Suhu dan Tekanan Injeksi Terhadap Short Shot Produk Polikarbonat pada Mesin Injection Molding”, Jurnal Teknologi Kulit, Sepatu dan Produk, vol. 16, Aug, hal 1-13, 2017.

- [2] Norman Iskandar dan Fajri Ramadhan Vendiza, "Analisis Cacat Short Shot dalam Proses Injection Molding Pada Komponen Shourd Fan", Prosiding SNST ke-10 Universitas Wahid Hasyim, hal 101-106, 2019.
- [3] Anwar Ilmar Ramadhan, Ery Diniardi, Muhammad Daroji, "Analisa Penyusutan Produk Plastik Pada Proses Injection Molding Menggunakan Media Pendingin Cooling Tower dan Udara Menggunakan Material Polypropylene", Jurnal Riset dan Teknologi Universitas Muhammadiyah, vol. 1 July, hal 65-74, 2017.
- [4] U. Wahyudi, "Pengaruh Injection Time dan Backpressre Terhadap Cacat Penyusutan Pada Produk Kemasan Toples dengan Injection Molding Menggunakan Material Polistyrene", Jurnal Teknik Mesin vol. 04, Okt, Hal 15-24, 2015.
- [5] Mehdi Moayyedean, Karem Abhary, Romeo Marian, "The Analysis of Short Shot Possibility in Injection Molding Process", The Internation Journal of Advanced Manufacturing Technology, Jan PP 1-13, 2017.
- [6] M. Puji Mimbar Maulana, Cahyo Budiyanoro, Harini Sosiati, "Optimalisasi Parameter Proses Injeksi Pada ABS Recycle Material Untuk Memperoleh Shrinkage Longitudinal dan Transversal Minimum, Jurnal Material dan Proses Manufaktur Vol. 1, Juni, 2017.
- [7] I Mawadi, A Jannifar, H Lubis "Effect of Injection Temperature on Defect Plastic Product", International Conference on Science and Innovated Engineering, PP 1-6, 2019.
- [8] Mochamad Muchid, "Design Molding Microwave Mengatasi Short Shot Produk Injection Plastik, Jurnal Instek, Vol. 4, April, hal 51-60, 2019.
- [9] L.D Mahjan, P.N. Ulhe "Analysis of Injection Molding Process to Reduced Defect (Short-Shot)", The Internation Journal of Engineering Technologies and Management Reaserch, Vol. 5, June PP 113-119, 2018.

IDENTIFIKASI DAN ANALISIS MATERIAL CASING REGULATOR GAS

¹Freddy Marpaung, ²Nyoman Artana

¹ Senior Researcher PTIP-BPPT, ² Specialist Researcher PTIP-BPPT

^{1,2} Building 251, Puspitek Serpong, Indonesia

¹reddy.marpaung@bppt.go.id, ²nyoman.artana@bppt.go.id

Abstrak

Regulator gas merupakan salah satu komponen penting pada system tanki liquefied natural gas (LNG). Komponen ini didesain harus mampu bekerja pada temperature rendah ekstrim dan tekanan tinggi. Dalam keseluruhan proses desain, material memiliki peran penting sehingga designer harus dapat mengidentifikasi jenis material dengan fungsionalitas spesifik agar ditemukan konsep desain yang layak. Identifikasi material tersebut dapat digunakan sebagai informasi awal mengenai sifat mekanik dan struktur mikro dari material. Tujuan dari penelitian ini adalah menyajikan data identifikasi material casing regulator gas alam jenis Belgas P39 dan memberikan rekomendasi persyaratan material yang harus dipenuhi oleh perusahaan lokal yang tertarik untuk mengembangkan material casing regulator tersebut. Pada paper ini, identifikasi material casing regulator Belgas P39 high pressure dilakukan melalui serangkaian pengujian, diantaranya pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian metalografi, dan pengujian SEM-EDS. Selanjutnya data hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan data pembanding standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material casing regulator Belgas P39 high pressure termasuk dalam paduan kuningan jenis duplex.

Kata Kunci: Casing Regulator Gas, Material, Paduan Kuningan, Pengujian Material

Abstract

Gas regulator is one of important component in the liquefied natural gas storage system. This part is designed to be working in cryogenic temperature and high pressure. During the entire design process, materials play an important role in order to obtain feasible design concepts. Materials identification is used as initial information regarding mechanical properties and microstructure. The purpose of this work is to provide information regarding material identification of high pressure Belgas P39, to provide recommendation about material requirements that have to be fulfilled of local industry which interesting for developing this product. In this paper, material identification of high pressure Belgas P39 is conducted using a series testing, such as chemical composition testing, hardness testing, and micro structure examination. Then, experimental data is compared with other references. This research results showed that high pressure Belgas P39 material is classified into duplex brass.

Keywords: Brass Alloy, Casing of Regulator Gas, Material, Material Testing

PENDAHULUAN

Regulator gas merupakan salah satu komponen penting dalam industri gas yang digunakan untuk menyalurkan, mengatur dan menstabilkan tekanan gas yang keluar dari tanki penampung untuk menjaga aliran gas

menjadi konstan [1]. Regulator gas umumnya harus memenuhi standar industri dari sisi akurasi dan kualitas. Salah satu bagian dari regulator gas tersebut adalah material casing yang didesain harus memenuhi standar yang berlaku. Terdapat dua jenis material yang digunakan untuk bodi casing regulator gas

untuk aplikasi *high pressure* yaitu *stainless steel* 316, monel, iniconel dan *brass alloy* [2].

Paduan kuningan merupakan paduan tembaga-seng yang paling banyak digunakan sebagai casing regulator gas dikarenakan memiliki sifat mudah untuk dimanufaktur, ketahanan korosi tinggi dan tampilan yang menarik [3]. Jenis material ini dikelompokkan atas dua bagian yaitu paduan alpha (α) dengan persentase zinc 37% dan paduan alpha dan beta ($\alpha+\beta$) dengan persentase zinc 37-45%. Paduan α memiliki struktur kristal FCC yang memiliki sifat duktilitas yang tinggi dan dapat dibentuk melalui proses pengerjaan dingin, seperti *deep drawing*, *bending*, dan *cold rolling*. Sementara paduan kuningan dengan kandungan Zn yang lebih tinggi memiliki dua fasa (bi-phase) yaitu fasa- α dan fasa- β , dimana paduan ini sering disebut dengan paduan duplex. Dikarenakan fasa- β memiliki struktur kristal BCC sehingga sifatnya lebih keras dan kuat dibandingkan dengan fasa- α , akibatnya paduan alpha dan beta sulit dibentuk dengan proses pengerjaan dingin [4].

Material kuningan banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti peralatan rumah tangga, peralatan listrik dan sektor industri rekayasa dengan tingkat presisi yang tinggi. Hal ini dikarenakan keunikan sifat yang dimilikinya yaitu mudah di machining, di cor maupun dibentuk melalui proses *metal forming* lainnya [5]. Untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan, tersedia berbagai range komposisi yang digunakan untuk membuat paduan kuningan bi-phase. Selain unsur

utama (Zn dan Cu), unsur minor ditambahkan untuk memodifikasi sifat-sifat yang dimilikinya sehingga material yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang diinginkan.

Hingga saat ini telah banyak studi dilakukan terkait pengembangan material paduan berbasis kuningan. Misalnya penelitian oleh [6] melakukan pembuatan paduan kuningan menggunakan metode *investment casting* dengan memvariasikan komposisi kimia dan temperature pengecoran. Studi tersebut menunjukkan bahwa komposisi kimia dan temperatur mempengaruhi morfologi permukaan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya segregasi Cu, struktur mikro yang lebih halus dan terbentuknya fasa beta dengan struktur Widmanstatten yang lebih halus dan terdistribusi merata pada daerah yang mengalami pendinginan cepat. Selain itu, diidentifikasi terjadi peningkatan kekerasan akibat penambahan unsur Al pada paduan kuningan jenis duplex. Studi sejenis juga dilakukan oleh [7] mengembangkan paduan kuningan dengan memvariasikan komposisi Zn menggunakan teknik *sand casting*. Studi tersebut menunjukkan terjadinya penurunan duktilitas dan kekuatan tarik disertai dengan perubahan warna dari merah menjadi kuning dengan adanya peningkatan kandungan Zn.

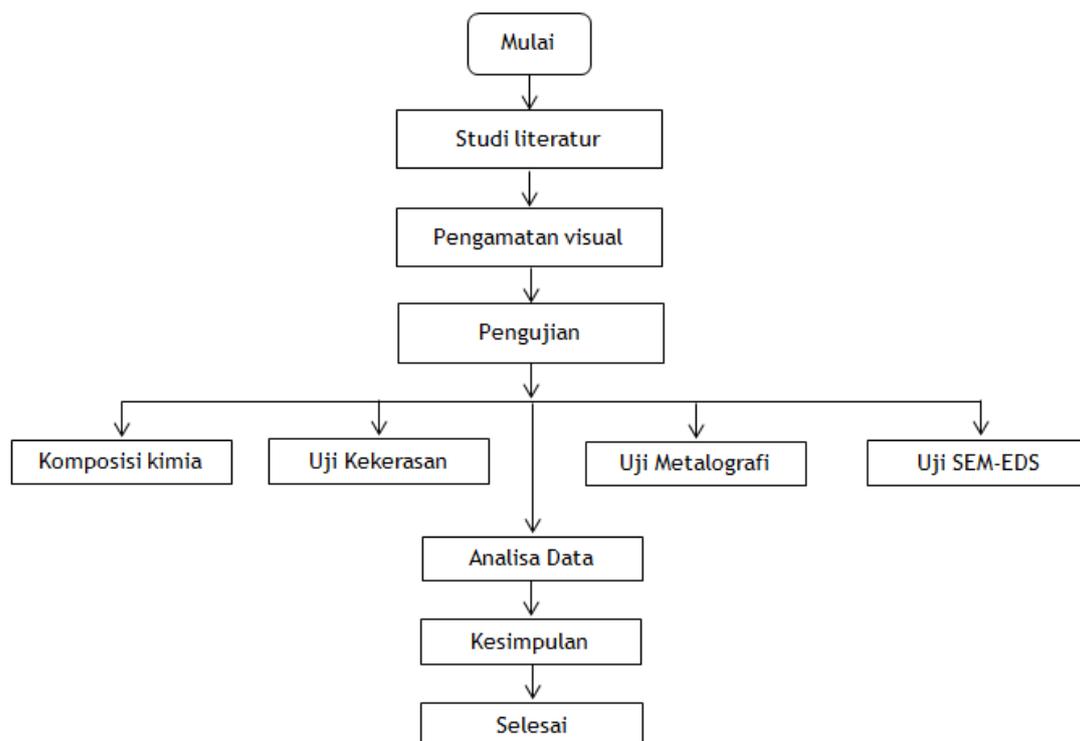
Studi terbaru yang dilakukan oleh [8] membuat paduan Cu-40% Zn dengan menggunakan teknik *investment casting* dan *sand casting*. Pengamatan struktur-mikro hasil pengecoran menunjukkan adanya fasa- α dan fasa- β yang dikenal dengan struktur-

mikro Widmanstatten. Hasil studi ini menunjukkan bahwa jumlah masing-masing fasa tidak hanya bergantung pada komposisi kimia tetapi juga dipengaruhi oleh laju pendinginan. Pada studi ini kami melakukan identifikasi dan analisis material casing regulator gas alam jenis Belgas P39 *high pressure* dan memberikan rekomendasi persyaratan material yang harus dipenuhi oleh perusahaan lokal yang tertarik untuk mengembangkan material casing regulator tersebut.

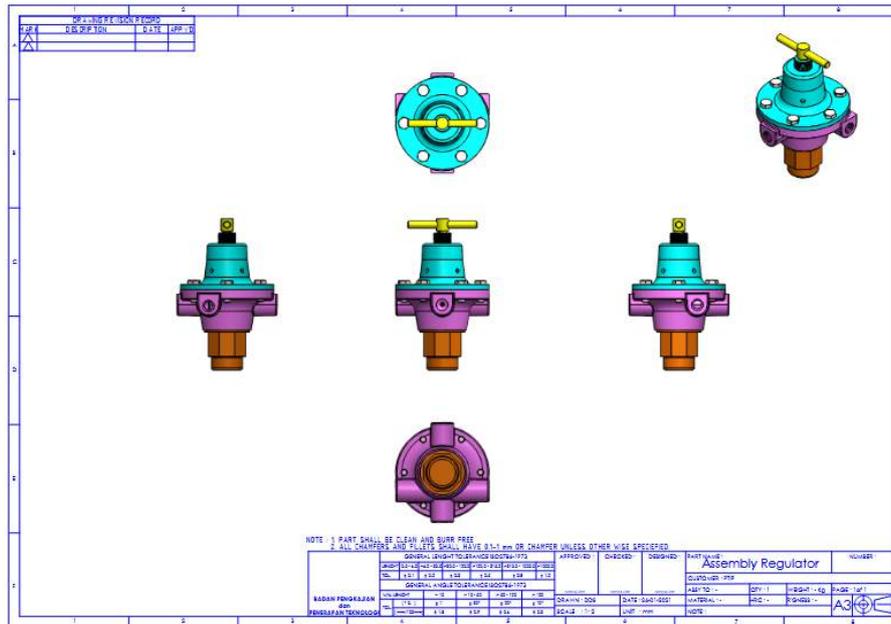
METODE PENELITIAN

Casing bodi regulator gas yang diamati pada penelitian ini adalah regulator

gas alam Belgas P39 *high pressure*. Sebelum dilakukan identifikasi material, penelitian ini diawali dengan studi literature pengembangan katup gas berbasis paduan kuningan. Metode penelitian yang digunakan adalah *reverse engineering* melalui serangkaian pengujian di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), diantaranya uji komposisi kimia, kekerasan Brinell, pemeriksaan morfologi permukaan (metalografi), dan uji SEM-EDS. Selanjutnya hasil studi literatur dan data pengujian dievaluasi tingkat kesesuaiannya dengan material standar. Untuk menyederhanakan penelitian ini, dibuatkan tahapan penelitian dalam bentuk diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar2 Casing regulator gas (Belgas P39 high pressure)

Persiapan sampel uji komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan metode uji *optical emission spectroscopy* (OES).

Persiapan Sampel Uji Metalurgi

Pemeriksaan struktur mikro material eksisting dilakukan berdasarkan standar ASTM E 407-93. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengamati morfologi permukaan dan jenis fasa yang terjadi pada permukaannya. Selain itu, pengujian ini juga dilakukan untuk menginvestigasi proses pembuatan *alloy* tersebut dan histori perlakuan panas yang dialami oleh material tersebut. Tahapan persiapan sampel uji metalografi dimulai dengan pemotongan spesimen pada bagian tertentu lalu dimounting dengan menggunakan resin bening. Selanjutnya dihaluskan dengan kertas ampelas Niken grade 80, 120, 400, 600, 100, dan 1200. Diikuti dengan

proses polishing sampel menggunakan pasta alumina grade 5 μm , 0,3 μm , 0,05 μm . Hasil polishing dilanjutkan dengan proses etsa menggunakan larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$.

Persiapan Sampel Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan brinell (*Brinell Hardness*) dilakukan berdasarkan standar ASTM A370. Pengujian kekerasan Brinell tersebut menggunakan indentor bola baja berdiameter 5 mm dan beban 62.5 kgf *load*. Nilai rata-rata kekerasan HBN ditentukan dengan mengukur 10 titik lokasi pada setiap sampel yang diperiksa.

Persiapan Sampel Uji SEM-EDS

Untuk menginvestigasi lebih detail struktur mikro dan mengkuantifikasi elemen-elemen pada daerah struktur mikro dilakukan pemeriksaan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian material casing regulator Belgas P39 tersebut dianalisis dan dievaluasi untuk dibandingkan dengan berbagai studi yang pernah dilakukan sebelumnya.

Pengujian Komposisi Kimia

Hasil pemeriksaan komposisi kimia dari casing regulator gas Belgas P39 dengan pembanding, yaitu paduan kuningan jenis CW721R [9] ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia material eksisting dan material referensi tersebut, kedua jenis material tersebut dapat dianggap identik. Hal ini terlihat dari hasil pengujian material eksisting masih dalam batasan material pembanding. Dengan demikian material uji tersebut termasuk dalam paduan jenis duplex/*naval brass* yang

dikenal sebagai paduan kuningan dengan kekuatan tarik yang tinggi.

Pemeriksaan Struktur Mikro

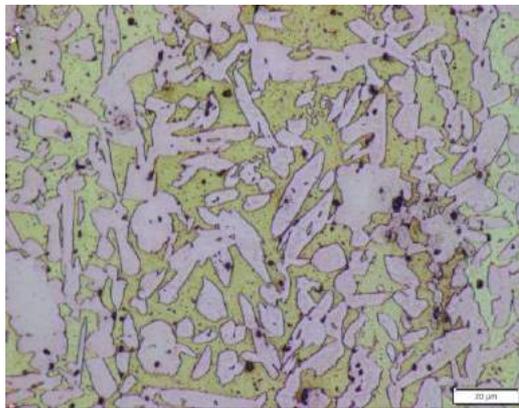
Morfologi permukaan dari hasil pengujian metalografi menunjukkan bahwa material Belgas P39 *high pressure* merupakan kuningan yang mengandung dua fasa (bi-phase) yaitu paduan $\alpha+\beta$ atau β' . Hal ini disupport dari data struktur mikro, fasa- α berupa butir-butir tampak terang (putih) yang terdistribusi merata berbentuk bulat dan jarum sementara butir-butir tampak gelap diidentifikasi sebagai fasa β . Partikel-partikel fasa- α yang halus dan terdistribusi merata merupakan penyumbang sifat paling signifikan pada struktur mikro material kuningan hasil coran. Hal ini terjadi dikarenakan efek pendinginan yang cepat ketika proses pengecoran. Dimana partikel-

Tabel 1. Komposisi Kimia CW721R Brass dan P39 *High Pressure Regulator*

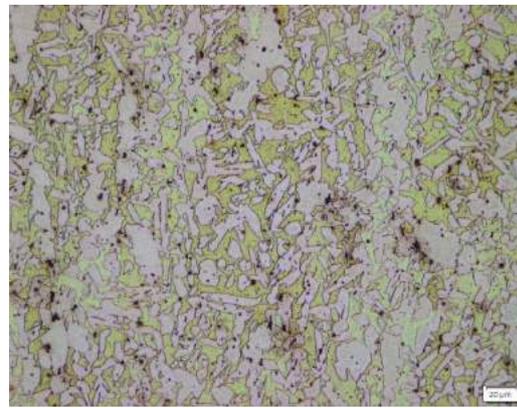
EN 12164:2011 (CW721R Brass)		Hasil Pengujian Material	
Unsur	% berat	Unsur	% berat
Tembaga (Cu)	57-59	Tembaga (Cu)	56.641
Zinc (Zn)	Balance	Zinc (Zn)	38.501
Mangan (Mn)	0.8-1.8	Mangan (Mn)	-
Lead (Pb)	0.8-1.6	Lead (Pb)	1.185
Aluminium (Al)	0.3-1.3	Aluminium (Al)	0.093
Besi (Fe)	0.2-1.2	Besi (Fe)	0.263
Timah (Sn)	0.2-1.0	Timah (Sn)	0.331
Nikel (Ni)	0.0-0.3	Nikel (Ni)	0.158
W	-	Tungsten (W)	0.461
Silikon (Si)	-	Silikon (Si)	0.066
Chlor (Cl)	-	Chlor (Cl)	0.02
Magnesium (Mg)	-	Magnesium (Mg)	0.202
Kalsium (Ca)	-	Kalsium (Ca)	0.3
(Sc)	-	Scandium (Sc)	0.096
Kobalt (Co)	-	Kobalt (Co)	0.025
Hafnium (Hf)	-	Hafnium (Hf)	1.635
Others (total)	0.0-0.3	Others (total)	0.0-0.3

partikel halus yang terdistribusi merata tersebut meningkatkan kekuatan paduan kuningan tersebut. Selain itu terlihat adanya presipitat-presipitat intermetalik yang lebih

halus berupa titik-titik berwarna hitam. Detail pembentukan presipitat-presipitat intermetalik ini dibahas pada hasil pengujian SEM-EDS.



Perbesaran 1000x



Perbesaran 500x

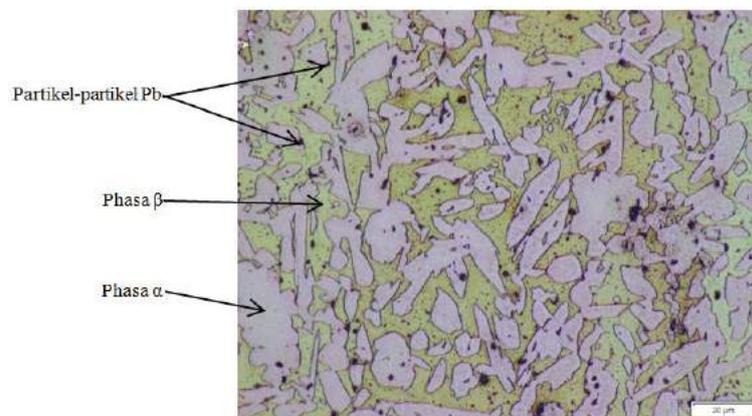


Perbesaran 200x



Perbesaran 100x

Gambar 3. Struktur mikro material P39 *High pressure* Regulator pada berbagai pembesaran



Gambar 4. Identifikasi jenis fasa hasil pengujian struktur mikro

Kekerasan Brinell

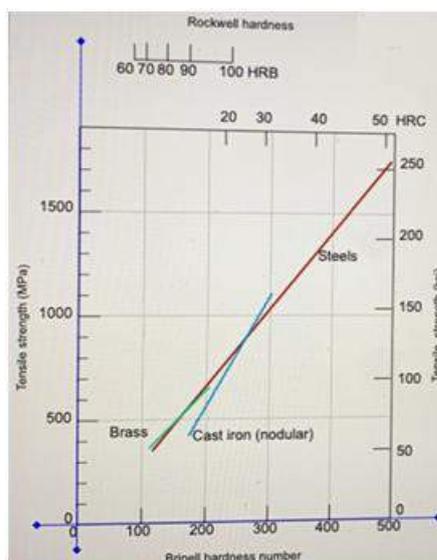
Hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada Tabel 2. Dimana nilai kekerasan permukaan dari material Belgas P39 menunjukkan keseragaman pada pada 10 titik pengukuran dengan nilai kekerasan rata-ratanya adalah 132.08 HBN.

Nilai kekerasan tersebut berada dalam batasan standar EN (HBN: 100-140 max). Selain itu

dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengestimasi kekuatan tarik maksimum dari material Belgas P39. Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara kekuatan tarik dengan kekerasan pada berbagai material logam[6]. Dimana, grafik garis linear berwarna hijau merupakan paduan brass, dengan demikian perkiraan kekuatan tarik dari material uji tersebut sebesar 450 MPa.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan metode Brinell (HB) Belgas P39 *high pressure*

Posisi Uji	Nilai Kekerasan Brinell (HBN)
1	129.5
2	128
3	131.8
4	130
5	136
6	133
7	130.1
8	133
9	136.4
10	133
Rata-rata kekerasan (HBN)	132.08



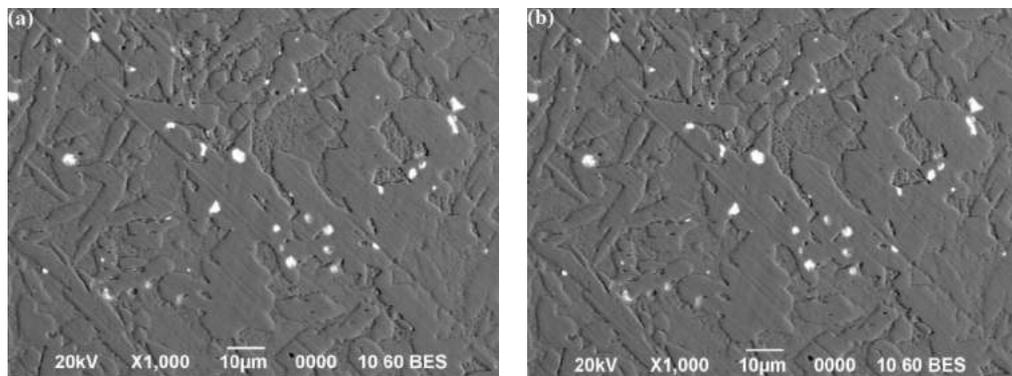
Gambar 5. Grafik hubungan kekerasan dan kekuatan paduan brass [10]

Pengujian SEM-EDX

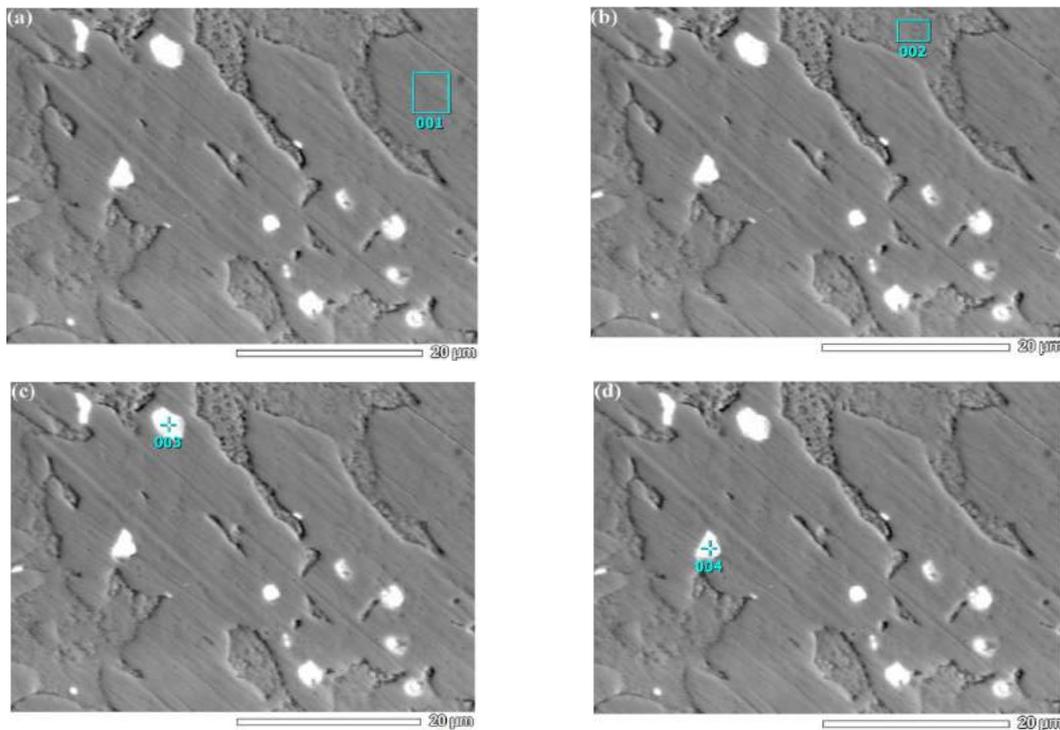
Pengujian SEM-EDS ini dilakukan untuk membantu mengidentifikasi pembentukan senyawa intermetalik yang ada. Gambar 6 menunjukkan foto permukaan sampel uji menggunakan SEM pada perbesaran 500x dan 1000x.

Selanjutnya untuk membedakan antara presipitasi dan matriks dilakukan

pengambilan data dengan menggunakan metode *backscattered electron imaging* dan diidentifikasi hanya terdapat satu senyawa intermetalik. Dalam gambar *backscatter* tersebut, senyawa intermetalik berwarna cerah tersebut merupakan bukti bahwa terdapat konsentrasi elemen-elemen yang tinggi. Ini mengindikasikan kandungan Pb yang tinggi pada paduan *naval brass* [11].



Gambar 6. Foto permukaan *electron microscope* (a) perbesaran 500x, (b) perbesaran 1000x

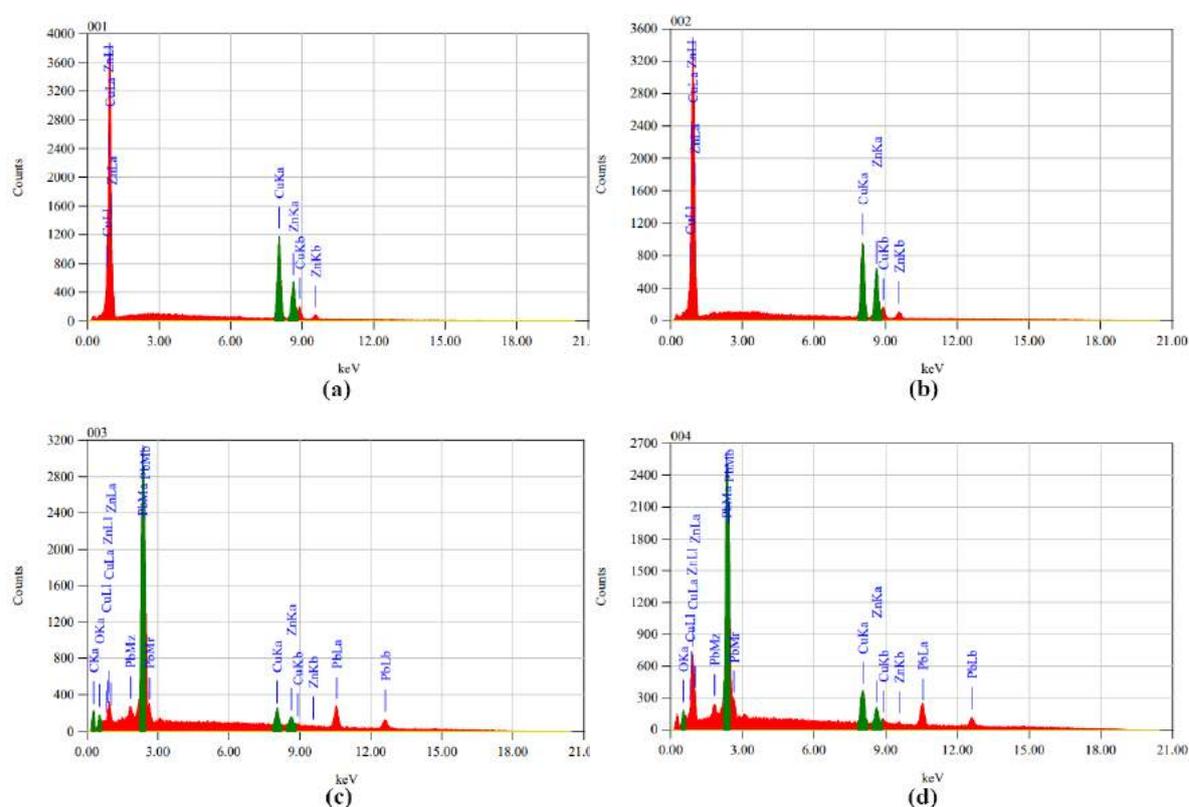


Gambar 7. Foto permukaan *electron microscope* (a) area 1, (b) area 2, (c) area 3, (d) area 4

Selanjutnya dilakukan uji spot EDS pada 4 area untuk menentukan perkiraan konsentrasi unsur-unsur pada presipitasi dan matriks. Uji spot EDS di area 1 yaitu area matriks fasa α (Gambar 7.a), uji spot EDS di area 2 yaitu area matriks fasa β (Gambar 7.b), uji spot EDS di area 3 yaitu pada presipitat berukuran besar berwarna terang (Gambar 7.c), dan uji spot EDS di area 4 yaitu pada presipitat berukuran kecil berwarna terang (Gambar 7.d). Pola peak-peak dari hasil analisis ini ditunjukkan dalam Gambar 8.

Hasil uji analisa kualitatif pada matriks fasa- α terdeteksi hanya dua unsur yaitu Cu (63,28 % mass) dan Zn (36,72 % mass). Sama halnya dengan matriks fasa- β

juga hanya mengandung dua unsur yaitu Cu (55,31 % mass) dan Zn (44,69 % mass). Analisa pada presipitat berwarna terang (area 3) menunjukkan konsentrasi Pb yang tinggi (74,12 % mass) diikuti senyawa lainnya C (6,61 % mass), O (1,93 % mass), Cu (10,08 % mass), dan Zn (7,27 % mass). Hasil analisa pada area 4 juga menunjukkan konsentrasi Pb lebih tinggi (66,63% mass), Cu (20,02 % mass), Zn (11,69 % mass), dan O (1,67 % mass). Dari hasil spot EDS pada area yang berwarna terang tersebut dapat disimpulkan bahwa paduan kuningan tersebut mengandung senyawa intermetalik yang kaya akan Pb dan berukuran halus serta terdistribusi merata pada seluruh struktur.



Gambar8. Grafik analisa kualitatif (a) area 1, (b) area 2, (c) area 3, (d) area 4

SIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, sifat-sifat dari produk Belgas P39 *high pressure* diinvestigasi dan dianalisis untuk mengetahui jenis material, proses manufaktur dan rekayasa struktur mikro yang terjadi. Berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan, produk ini termasuk dalam paduan *naval brass*, yaitu paduan kuningan dengan kandungan fasa- α dan fasa- β disertai dengan senyawa intermetallik Pb yang tinggi dan terdistribusi merata pada matriks. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan produk ini memiliki kandungan Cu (54,64 %berat), Zn (38,50 %berat), Pb (1,185 %berat). Produk ini memiliki kekerasan rata-rata sebesar 132,08 BHN. Proses pembentukan Belgas P39 *high pressure* tersebut dapat menggunakan *sand casting* dan *permanent mould casting*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. C. Dunn, *Fundamentals of industrial instrumentation and process control*. New York: McGraw-Hill Education, 2018.
- [2] M. Heestand, "Choosing the proper valve material," *controleng.com*, 11 Juni 2016. [Daring]. Tersedia: <https://www.controleng.com/articles/choosing-the-proper-valve-material/>. [Diakses: 12 Maret 2021].
- [3] H. Y. Atay, G. Uslu, Y. Kahmaz, dan Ö. Atay, "Investigations of microstructure and mechanical properties of brass alloys produced by sand casting method at different casting temperatures," *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 726, no. 1, hal. 1 – 8, 2020.
- [4] M. M. Haque dan A. A. Khan, "Investigation on structure and properties of brass casting," *Journal of Materials Science and Technology*, vol. 24, no. 3, hal. 299 – 301, 2008.
- [5] S. Jha, D. Balakumar, dan R. Paluchamy, "Experimental analysis of microstructure and mechanical properties of copper and brass based alloys," *IJAME-Int.J. Automotive and Mechanical Engineering*, vol. 11, hal. 2317 – 2331, 2015.
- [6] G. Iecks, L. M. A. Maiolo, dan A. D. Bortolozob, "Wisley riuper osório designing a microstructural array associated with hardness of dual-phase Cu-Zn alloy using investment casting," *Materials Research*, vol. 21, no. 4, hal. 1 – 15, 2018.
- [7] O. Alo, "Investigation of mechanical properties and microstructure of brass alloys obtained from recycled copper and zinc metals," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 6, no. 9, hal. 799 – 806, 2015.

- [8] S. Kattel, J. Bhatt, R. Subedi, B. Thapa, S. Sujakhu, A. Kafle, dan T. M. Shakya, "Investigation of mechanical properties of brass francis turbine manufactured by local investment casting technique in Nepal," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1608, no. 1, 2020.
- [9] Anonim, "Copper and Copper Alloys: CW721R High Tensile Brass ~ Manganese Bronze," *aalco.co.uk*, 2021. [Daring]. Tersedia: https://www.aalco.co.uk/datasheets/Copper-and-Copper-Alloys-CW721R-High-Tensile-Brass--Manganese-Bronze_115.ashx. [Diakses: 23 Mei 2021]
- [10] Anonim, "The naval brass for which the stress-strain behavior is shown in Animated Figure 6.12. You might need to use Animated," *chegg.com*, 2021. [Daring]. Tersedia: <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/naval-brass-stress-strain-behavior-shown-animated-figure-612-might-need-use-animated-figur-q42212816#question-transcript>. [Diakses: 25 Mei 2021]
- [11] M. Türker, Z.Y. Comert, A. Kisasoz, dan K.A. Guler, "Experimental research on properties of naval brass castings," *Practical Metallography*, vol. 53, no. 1, hal. 24 – 35, 2016

PERANCANGAN RAK SEPATU UNTUK LABORATORIUM DESAIN PRODUK DAN INOVASI INSTITUT TEKNOLOGI DEL DENGAN METODE VALUE ENGINEERING DAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)

¹Donda Natalia R Simanjuntak, ²Yosef Manik, ³Benedikta Anna Haulian Siboro
^{1,2,3}Program Studi Manajemen Rekayasa Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Del
Jl. Sisingamangaraja, Sitoluama, Laguboti, Toba, Sumatera Utara Indonesia, 22381
¹donda.simanjuntak69@gmail.com, ²yosef.manik@del.ac.id, ³benedikta.siboro@del.ac.id,

Abstrak

Laboratorium desain produk dan inovasi (Lab Desprin) merupakan salah satu fasilitas di Institut Teknologi Del yang digunakan untuk mengembangkan kemampuan mahasiswa dalam hal merancang dan menghasilkan produk-produk inovatif. Laboratorium Desprin memiliki aturan, dimana pengunjung harus membuka sepatu dan meletakkannya di luar ruangan. Melalui penelitian ini dirancang fasilitas rak sepatu sebagai tempat untuk meletakkan sepatu bagi dosen, laboran, mahasiswa, dan tamu yang berkunjung ke Lab Desprin. Metode yang digunakan dalam perancangan produk ini adalah Value Engineering dan Quality Function Deployment (QFD). Metode QFD digunakan untuk memperoleh informasi kebutuhan calon pengguna terhadap produk, sedangkan metode Value Engineering digunakan untuk merancang produk dengan meminimalkan biaya pembuatan. Desain dirancang sesuai dengan suara user yang diterjemahkan ke dalam House of Quality untuk mendapatkan spesifikasi yang tepat. Data antropometri Indonesia terkhusus area kaki digunakan sebagai input dalam mendesain dimensi. Perancangan ini menghasilkan rak sepatu Lab Desprin dengan kapasitas 68 pasang sepatu. Melalui perhitungan, estimasi biaya untuk pembuatan produk rak sepatu sebesar Rp.5.081.700, sedangkan untuk rak gantungan adalah Rp. 793.000. Dengan demikian, nilai yang dihasilkan desain pengembangan produk rak sepatu dibandingkan dengan desain awal adalah 1,54 dan dikembangkan dari desain pengembangan ke desain akhir sebesar 1,27 yang mana nilai ini lebih baik dibandingkan produk-produk pesaing lainnya.

Kata Kunci: ergonomi, laboratorium desain, quality function deployment, rak sepatu, rekayasa nilai.

Abstract

Product design and innovation laboratory (Desprin Lab) is one of the facilities at Del Institute of Technology which is used to develop students' abilities in designing and producing innovative products. The Desprin laboratory has a rule, where visitors must take off their shoes and put them outside. Through this research, a shoe rack facility was designed as a place to put shoes for lecturers, laboratory assistants, students, and guests visiting the Desprin Lab. The method used in designing this product is Value Engineering and Quality Function Deployment (QFD). The QFD method is used to obtain information on the needs of potential users for the product, while the Value Engineering method is used to design products by minimizing manufacturing costs. The design is designed according to the user's voice which is translated into the House of Quality to get the right specifications. Indonesian anthropometric data, especially the foot area, are used as input in designing the dimensions. This design produces a Desprin Lab shoe rack with a capacity of 68 pairs of shoes. Through calculations, the estimated cost for the manufacture of shoe rack products is Rp.5.081.700, while for the hanger rack is Rp. 793,000. Thus, the resulting value of the shoe rack product development design compared to the initial design is 1.54 and developed from the development design to the final design is 1.27 which is better than other competing products.

Keywords: design lab, ergonomics, quality function deployment, shoe rack, value engineering.

PENDAHULUAN

Pada proses pembelajaran di perguruan tinggi, setiap mahasiswa akan mendapatkan bekal pengetahuan baik teori maupun praktik [1]. Guna menunjang keefektifitasan pembelajaran di Institut Teknologi Del (IT Del) dan yang merupakan salah satu program kerja dalam rencana strategis yang di Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Del (FTI IT Del) maka dibangun laboratorium Desain Produk dan Inovasi (Lab. Desprin). Demi menjamin kenyamanan dalam penggunaan laboratorium ini, standar prosedur operasi laboratorium mengharuskan pengguna membuka alas kaki atau sepatu dan meletakkannya di luar ruangan. Untuk saat ini laboratorium Desprin IT Del sudah memiliki rak barang yang digunakan sebagai tempat penyimpanan sepatu pengunjung, namun kapasitas yang dapat dimuat hanya 20 pasang sepatu. Hal ini menjadi kendala fasilitas rak sepatu karena tidak memenuhi kapasitas pengunjung laboratorium, dimana jumlah pengunjung laboratorium diperkirakan mencapai 30-60 lebih. Selain itu, rak barang tersebut memiliki ukuran yang kurang sesuai dengan area

peletakan rak sepatu sehingga menutupi akses pandang lemari pajang Lab. Desprin (Gambar 1). Disamping itu, secara estetika desain tempat sepatu yang digunakan saat oleh *stakeholder* laboratorium tidak menarik, sehingga untuk menanggulangi hal ini perlu dilakukan redesign terhadap rak sepatu Lab. Desprin.

Beberapa metode dalam perancangan produk telah tersedia dan diaplikasikan dalam proses perancangan. Metode tersebut antara lain adalah *reverse engineering*, AHOQ, dan QFD. Metode *reverse engineering* merupakan teknik yang digunakan untuk mengembangkan suatu produk yang sudah ada agar dapat digunakan lebih baik lagi agar dapat menentukan desain yang sesuai dengan kebutuhan pengguna [2]. Metode AHOQ merupakan usulan metode dengan memodifikasi HOQ untuk mempersingkat waktu pengembangan produk dan mengurangi kesalahan hasil spesifikasi produk yang disebabkan sulitnya menerjemahkan pernyataan responden menjadi kebutuhan konsumen [3]. Sedangkan metode QFD (*Quality Function Deployment*) digunakan untuk merancang suatu produk sesuai interpretasi dan keinginan pengguna produk berdasarkan aspek kualitas [4].



Gambar 1. Tampilan tempat penyimpanan sepatu pengunjung laboratorium Desprin

Dari beberapa metode tersebut peneliti menggunakan metode *Value Engineering* dan QFD dalam merancang rak sepatu laboratorium Desprin. *Quality Function Deployment* (QFD) merupakan metode yang digunakan untuk membantu proses perencanaan dan pengembangan produk berdasarkan kebutuhan konsumen yang dengan memperhatikan aspek kualitas [4]. Penggunaan metode QFD digunakan untuk menangkap dan menerjemahkan kebutuhan konsumen menjadi karakteristik teknis yang akan dibutuhkan dalam perancangan produk [5].

Value Engineering merupakan suatu metode yang digunakan dalam pengembangan suatu produk dengan mempertimbangkan biaya tanpa mengurangi fungsi dan kualitas produk yang akan dirancang [6]. Penggunaan metode ini memiliki kelebihan dengan menganalisis nilai terhadap fungsinya dan mempertahankan kualitas dan reabilitas yang diinginkan konsumen [6].

Penelitian terdahulu terkait perancangan produk menggunakan metode *value engineering* dijadikan sebagai gambaran untuk membantu dalam menerapkan tahapan-tahapan yang harus digunakan dalam metode *value engineering*. Berdasarkan penelitian Maryani, Ratnasari, dan Pratiwi dalam perancangan alat pengupas mete menggunakan metode *value engineering* [7]. Pada penggunaan metode ini terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan untuk merancang produk, salah satu tahap yang diterapkan adalah tahap informasi yaitu tahap untuk mengetahui kebutuhan dan

spesifikasi produk yang akan dirancang. Untuk mendapatkan hasil tersebut peneliti menggunakan metode QFD dalam mengidentifikasi spesifikasi produk dan fungsi teknis yang memenuhi kebutuhan pelanggan. Pada penelitian Andriansyah, Safi, dan Santoso dalam merancang pengembangan kursi tunggu multifungsi dengan menggunakan *value engineering* diperoleh kebutuhan pelanggan terhadap produk yang akan dirancang berdasarkan kenyamanan, fungsi, kualitas, bahan baku, harga, dan desain produk [8].

Penelitian terdahulu mengenai perancangan produk menggunakan metode QFD yang dijadikan referensi oleh Penulis adalah penelitian [9], [10], dan [11], yang merancang fasilitas untuk Lab. Desprin yaitu meja dan kursi komputer, meja dan kursi instruktur, meja dan kursi mahasiswa. Penelitian tersebut memberikan gambaran kepada Penulis dalam membangun *house of quality* (HOQ) seperti dalam penentuan *voice of customer*, *technical requirement*, dan menentukan target dari fungsi teknis yang menjawab *voice of customer*.

METODE PENELITIAN

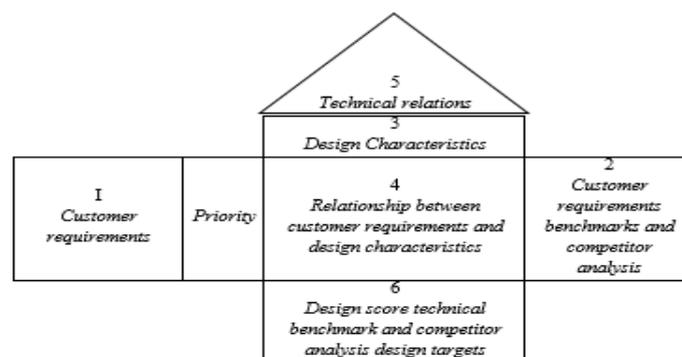
Dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan studi lapangan dan studi literatur agar dapat merumuskan permasalahan serta menentukan metode yang tepat dalam perancangan produk. Penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu *Value Engineering* dan *Quality Function Deployment* (QFD).

Metode *value engineering* digunakan dalam perancangan produk rak sepatu dari mulai perencanaan hingga menghasilkan desain yang sesuai. Metode ini memiliki lima tahap, yaitu tahap informasi, tahap analisis, tahap kreatif, tahap evaluasi, dan tahap pengembangan pengembangan [12]. Pada tahap informasi akan dilakukan pengumpulan informasi mengenai kebutuhan calon pengguna terhadap produk yang akan dirancang. Untuk memperoleh kebutuhan calon pengguna maka digunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). *Output* yang dihasilkan dari QFD adalah matriks HOQ (*House of quality*), dimana matriks HOQ (*House of quality*) dari QFD merupakan proses untuk mengkonversi kebutuhan dan keinginan konsumen menjadi spesifikasi teknis suatu produk yang akan dirancang [13]. Berikut pengembangan HOQ dari QFD yang ditunjukkan pada gambar 2. Bagian 1 berisikan data atau informasi yang diperoleh dari penelitian pasar atas kebutuhan dan keinginan konsumen. Bagian 2 merupakan komponen yang digunakan untuk menerjemahkan

persyaratan pelanggan menjadi kumpulan rencana untuk memenuhi atau melebihi persyaratan yang ditentukan pelanggan. Bagian 4 berisikan kekuatan hubungan antara persyaratan teknis dari produk atau jasa yang dikembangkan pada (bagian 3) dengan suara konsumen (bagian 1) yang mempengaruhinya.

Selain memperoleh data kebutuhan calon pengguna, pada tahap informasi juga dilakukan pengambilan data antropometri yang sesuai dengan responden dari data antropometri Indonesia (www.antropometriindonesia.org)

Setelah memperoleh informasi yang dibutuhkan akan dilanjutkan dengan tahap analisis. Pada tahap analisis dilakukan analisis fungsi dari setiap komponen dengan mengidentifikasi kegunaan dari produk dan nilai efektivitas yang diberikan produk menggunakan diagram *function analysis system technique* (FAST) [7]. Kemudian dilanjutkan pada tahap kreatif. Tahap kreatif ini dilakukan untuk menghasilkan beberapa alternatif desain menggunakan inovasi dan kreatifitas untuk menjawab permasalahan dalam perancangan produk [7]. Tahap kreatif



Gambar 2. Matriks *house of quality* (HOQ) pada QFD [14]

dilakukan menggunakan metode *selection concept* agar menghasilkan konsep yang akan dijadikan acuan dalam perancangan desain produk. Alternatif desain yang telah dibangun kemudian dinilai pada tahap evaluasi untuk mengetahui apakah alternatif desain sudah memenuhi semua kebutuhan calon pengguna. Pada tahap evaluasi dilakukan perhitungan *value* untuk masing masing alternatif berdasarkan perbandingan nilai fungsi dan biaya untuk menentukan alternatif desain yang paling memenuhi [15]. Nilai setiap atribut akan dikalikan dengan nilai alternatif. Rumus yang digunakan dalam *value engineering* adalah [15]

$$Value = \frac{\text{Fungsi}}{\text{Biaya}} \quad (1)$$

$$V_0 = \frac{F_0}{C_0} = 1 ; V_n = \frac{F_n}{C_n} \quad (2)$$

$$C'_n = \frac{F_n}{C_n} ; C'_n = \frac{F_n C_0}{F_0} \quad (3)$$

Pada tahap pengembangan, produk akan dikembangkan berdasarkan alternatif yang telah dipilih. Setelah alternatif desain

dikembangkan maka akan menghasilkan desain akhir produk yang akan dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Kebutuhan Konsumen (*Voice of Customer*)

Dalam pembuatan HOQ, hal pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi kebutuhan konsumen terhadap produk yang akan dirancang. Kebutuhan konsumen diberikan bobot sesuai penilaian responden. Tabel 1 menjelaskan atribut *voice of customer* yang didapat dari hasil wawancara.

B. Hubungan antara *Voice of Customer* dengan *Technical Requirement*

Tahapan selanjutnya adalah membangun *technical requirement* yang dapat menjawab *voice of customer*. Kemudian atribut *voice of customer* akan dihubungkan dengan *technical requirement* yang dipetakan pada Tabel 2.

Tabel 1. *Voice of customer* rak sepatu lab. Desprin

Pernyataan	Relative Weight	Customer Importance
Memuat banyak sepatu.	12%	5
Ukuran rak sesuai kapasitas pengunjung	12%	5
Rak sepatu tertutup	11%	4
Mudah dibersihkan	11%	5
Tidak membutuhkan banyak ruang.	10%	4
Memiliki tempat penyimpanan barang.	11%	4
Mudah dipindahkan/ portable	11%	4
Rak sepatu tidak bau	11%	5
Rak sepatu yang menarik.	11%	5

Tabel 2. *Technical requirement* rak sepatu lab.Desprin

<i>Voice of Customer</i>		<i>Technical Requirement</i>	
A1	Memuat banyak sepatu	B1	Kapasitas rak sepatu
A2	Ukuran rak sesuai kapasitas sepatu pengunjung	B2	Dimensi panjang rak sepatu
		B3	Dimensi lebar rak sepatu
		B4	Dimensi tinggi rak sepatu
A3	Tidak membutuhkan banyak ruang	B14	Bentuk rak bertingkat
A4	Mudah dibersihkan	B5	Ukuran sepatu responden
A5	Rak sepatu <i>portable</i>	B9	Alat penampung kotoran sepatu
		B6	Sistem bongkar pasang
A6	Rak sepatu tertutup	B7	Dapat dilipat
		B8	Memiliki roda
A7	Memiliki tempat penyimpanan barang	B10	Sistem laci
		B11	Memiliki tempat meletakkan payung, tas, dan botol minum
A8	Rak sepatu tidak bau	B12	Memiliki ventilasi udara
		B13	Memiliki gantungan pengharum
		B14	Rak sepatu yang bertingkat
A9	Rak sepatu yang menarik	B15	Warna rak senada dengan gedung FTI

Berdasarkan *technical requirement* dapat diketahui bahwa setiap *technical requirement* dapat menjawab satu atau lebih suara konsumen atau *voice of customer* terhadap produk yang akan dirancang.

C. *Benchmarking*

Setelah mendapatkan *voice of customer*, *technical requirement technical requirement*, dan *customer importance*, selanjutnya akan dilakukan perbandingan */benchmarking* antara produk yang akan dirancang terhadap produk rak sepatu yang sudah ada. Dalam hal ini perbandingan dilakukan melalui pengamatan sendiri dan peninjauan terhadap spesifikasi produk yang sudah ada sebelumnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan data *voice of customer* yang telah diperoleh dari hasil kuesioner terbuka. Produk yang digunakan sebagai pem-

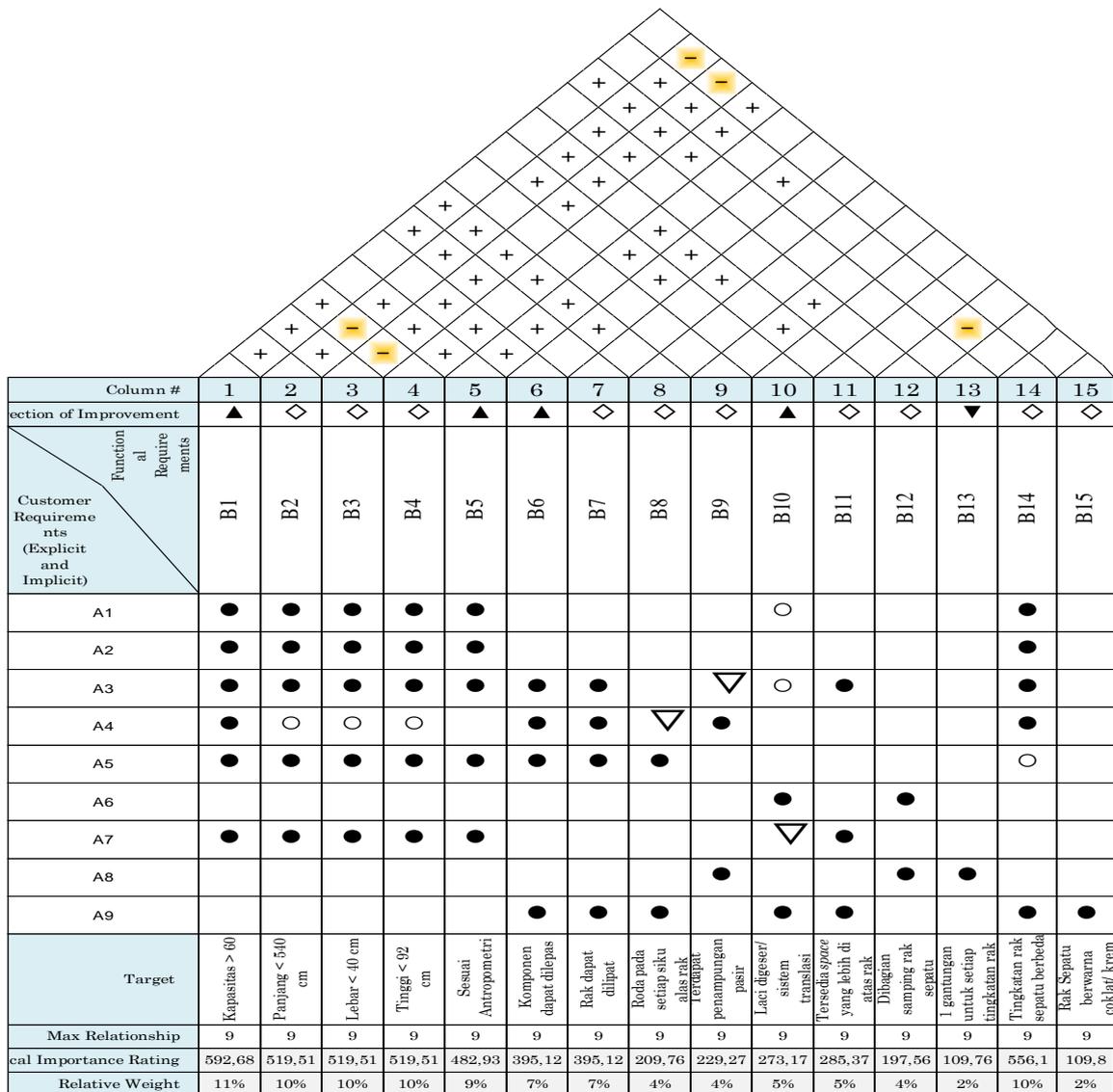
banding adalah: rak sepatu IKEA (A) , rak sepatu Olympic (B), rak sepatu Emma (C), rak sepatu Grace (D), dan rak barang yang digunakan sebagai rak sepatu Lab. Desprin (E). Tabel 3 menunjukkan perbandingan antara rak sepatu yang akan dirancang dengan produk rak sepatu yang sudah ada.

D. HOQ (*House of Quality*) *Quality Function Deployment*

Dari hasil semua tahapan sebelumnya maka dihasilkan *House of Quality* (HOQ) dari rak sepatu yang akan dirancang (Gambar 3). Diagram *House of Quality* menunjukkan hubungan antara atribut kebutuhan konsumen dan fungsi teknis yang telah diperoleh. Informasi dari diagram HOQ kemudian diintegrasikan menjadi spesifikasi dan target produk dalam mencapai atribut kebutuhan konsumen [16].

Tabel 3. Pembobotan *benchmarking* rak sepatu

Voice of Customer	Rak sepatu yang akan dirancang					
	A	B	C	D	E	
Memuat banyak sepatu	5	5	5	5	3	
Ukuran sesuai kapasitas pengunjung	5	4	5	5	2	
Tidak membutuhkan banyak ruang	5	2	2	5	2	
Mudah dibersihkan	4	4	4	4	2	
Mudah dipindahkan/ portable	4	2	2	5	1	
Rak sepatu tertutup	5	1	5	5	1	
Memiliki tempat penyimpanan barang	3	5	5	5	3	
Rak sepatu tidak bau	3	2	4	4	1	
Rak sepatu yang menarik	4	4	4	3	2	



Gambar 3. House of quality (HOQ) perancangan rak sepatu laboratorium Desprin

E. Data Antropometri dan Perhitungan Persentil

Peneliti menggunakan ukuran antropometri Indonesia dan menghubungkan dengan ukuran sepatu yang paling dominan digunakan oleh responden. Adapun ukuran sepatu tersebut disesuaikan dengan ukuran standar sepatu. Tabel 4 merupakan data ukuran antropometri yang akan digunakan sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.

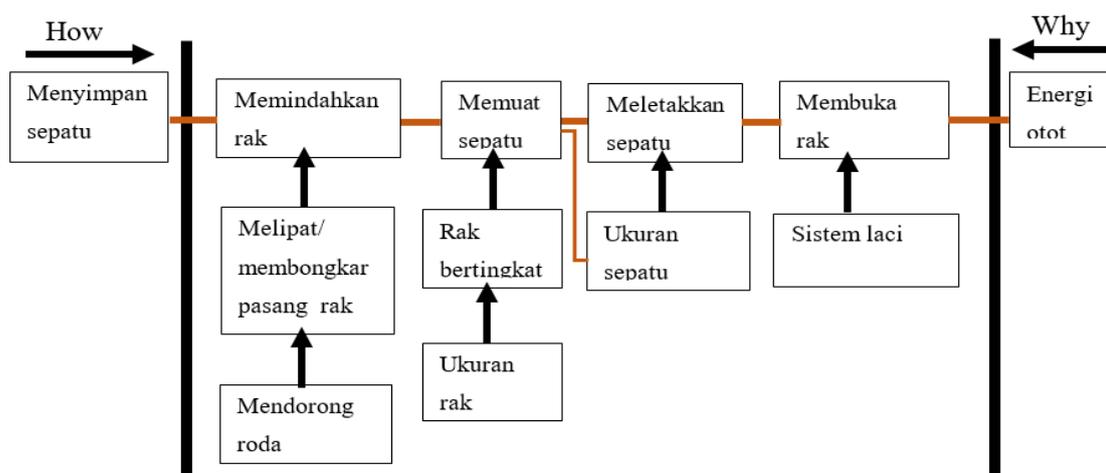
F. Tahap Analisis

Berdasarkan prioritas kebutuhan dan fungsi teknis yang telah diperoleh dari tahap informasi, selanjutnya akan dilakukan

penjabaran fungsi dari tingkatan paling tinggi (*highest order function*) hingga tingkatan fungsi terendah (*lowest order function*) yang disusun dari mulai kiri ke kanan. Penjabaran ini dipetakan dalam diagram FAST (*Functional Analysis System Technique*) yang dilakukan untuk menemukan solusi yang tepat dalam perancangan produk rak sepatu Lab. Desprin [7]. Melalui diagram FAST peneliti dapat mengetahui fungsi-fungsi apa yang diperlukan untuk memenuhi fungsi utama, sehingga akan membantu dalam penerapan *value engineering* dan mengeliminasi fungsi yang tidak perlu [17].

Tabel 4. Ukuran Antropometri

Dimensi	Keterangan	5th	50th	90th	SD
D32	Panjang rentangan siku ke samping	137,91	162,05	186,18	14,67
D30	Panjang telapak kaki	20,83	23,01	25,2	1,33
D31	Lebar kaki	6,16	9,02	11,87	1,74
	Tinggi bagian tengah telapak kaki	6,8	7,5	8,2	4



Gambar 4. Diagram FAST

Berdasarkan diagram FAST pada Gambar 4 diperoleh beberapa fungsi yang dibutuhkan dalam perancangan rak sepatu Lab. Desprin. Adapun fungsi yang akan dilanjutkan untuk memenuhi fungsi utama rak sepatu adalah, kapasitas rak sepatu, ukuran rak sepatu sesuai ukuran sepatu pengguna, bentuk rak sepatu yang bertingkat, sistem laci, sistem bongkar pasang, dan sistem lipat, dan memiliki roda. Fungsi lainnya dapat dieliminasi dalam perancangan produk rak sepatu Lab. Desprin dikarenakan fungsi lainnya tidak mempengaruhi fungsi utama secara langsung.

Adapun fungsi yang akan dilanjutkan untuk memenuhi fungsi utama rak sepatu adalah, kapasitas rak sepatu, ukuran rak sepatu sesuai ukuran sepatu pengguna, bentuk rak sepatu yang bertingkat, sistem laci, sistem bongkar pasang, dan sistem lipat, dan memiliki roda. Fungsi lainnya dapat dieliminasi

dalam perancangan produk rak sepatu Lab. Desprin dikarenakan fungsi lainnya tidak mempengaruhi fungsi utama secara langsung.

G. Tahap Kreatif

Tahap ini dilakukan untuk menghasilkan beberapa alternatif desain menggunakan inovasi dan kreatifitas yang bertujuan untuk menjawab permasalahan dalam perancangan produk dengan membangkitkan alternatif konsep desain. [7]. Pada penelitian ini tahap kreatif menggunakan metode *selection concept* dan *scoring concept*. Analisis *selection concept* dilakukan dengan membandingkan tiga konsep desain yang dibangun beserta konsep referensi dari benchmarking terhadap atribut *voice of customer* yang ada. Tahap pertama adalah *screening concept* untuk menentukan konsep yang akan dikembangkan pada tahap *scoring concept*. Dari tahap *scoring concept* akan menghasilkan konsep akhir dari desain yang akan dibangun [11].

Tabel 5. Hasil *Selection Concept*

Kriteria Seleksi	Variasi Konsep			
	Konsep Referensi	Konsep III	Konsep I	Konsep II
Memuat banyak sepatu	0	+	+	+
Sesuai kapasitas pengunjung	0	+	+	+
Tidak membutuhkan banyak ruang	0	0	0	0
Mudah dibersihkan	0	-	0	+
Mudah dipindahkan/ <i>portable</i>	0	+	+	-
Rak sepatu tertutup	0	+	+	+
Memiliki tempat penyimpanan barang	0	0	+	0
Rak sepatu tidak bau	0	+	+	+
Rak sepatu menarik	0	+	-	-
Jumlah +	0	6	6	5
Jumlah -	0	1	1	2
Jumlah 0	9	2	2	2
<i>Total score</i>	0	5	5	3
<i>Rank</i>		1	1	3
Dilanjutkan?		Kombinasi		Ya

Tabel 6. Hasil *Scoring Concept*

Kriteria	Bobot	Bobot Alternatif			
		Konsep I dan III		Konsep II	
		<i>Rating</i>	<i>Weight Score</i>	<i>Rating</i>	<i>Weight Score</i>
Memuat banyak sepatu	12%	5	0.61	5	0.61
Ukuran rak sesuai kapasitas pengunjung	12%	5	0.61	5	0.61
Tidak membutuhkan banyak ruang	10%	5	0.49	5	0.49
Mudah dibersihkan	12%	3	0.37	5	0.61
Mudah dipindahkan/ portable	10%	4	0.39	3	0.29
Rak sepatu tertutup	10%	5	0.49	5	0.49
Memiliki tempat penyimpanan barang	10%	3	0.29	3	0.29
Rak sepatu tidak bau	12%	4	0.49	4	0.49
Rak sepatu menarik	12%	5	0.61	3	0.37
	<i>Total Score</i>		4.34		4.24
	<i>Score</i>				
	<i>Rank</i>		1		2
	Dilanjutkan?		Ya		Tidak

1) *Selection Concept*

Berdasarkan hasil penyaringan konsep, maka konsep yang akan dilanjutkan pada tahap penilaian (*scoring concept*) adalah konsep I,II, dan III, dimana konsep I dan konsep II akan dikombinasikan karena memiliki total *score* yang sama.

2) *Scoring Concept*

Berdasarkan hasil perhitungan *selection dan scoring concept* maka dipilihlah kombinasi konsep I dan III untuk dikembangkan dalam perancangan rak sepatu khusus lab desprin. Melalui tahap ini maka diperoleh spesifikasi rak sepatu yang akan dirancang khusus Lab Desprin, diantaranya: ukuran rak sepatu sesuai ukuran sepatu pengguna, sistem laci, 1 rak laci dapat memuat 4 pasang sepatu, dapat dibongkar pasang, dapat dilipat, memiliki ventilasi udara, rak sepatu dapat disusun bertingkat

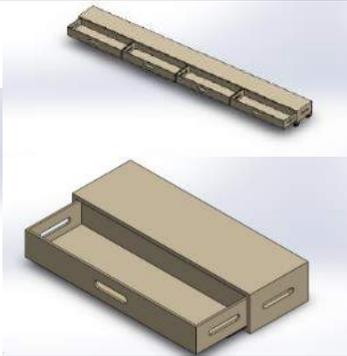
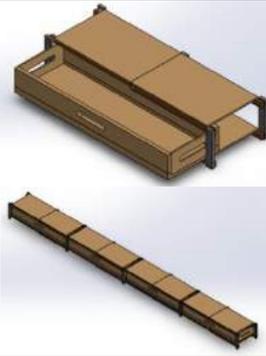
sesuai keinginan pengguna, memiliki *space* kosong pada bagian atas untuk meletakkan barang, dan memiliki roda.

H. Tahap Evaluasi

Tahap selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap desain yang bertujuan untuk mengetahui apakah desain sudah memenuhi fungsi yang dibutuhkan. Terdapat tiga alternatif desain yang akan dievaluasi untuk memperoleh desain rak sepatu yang paling memenuhi fungsi dan biaya.

Setelah membangun beberapa alternatif desain sesuai kriteria yang dibutuhkan responden pada tabel 7, kemudian setiap alternatif desain akan dinilai untuk mengetahui apakah desain sudah memenuhi *customer requirement* atau tidak. Tabel 8 menunjukkan penilaian keterpenuhan setiap alternatif desain terhadap *customer requirement*.

Tabel 7. Alternatif Desain yang dibangun

Alternatif Desain	I	II	III
Keterangan Gambar			

Tabel 8. Penilaian keterpenuhan fungsi alternatif desain

Atribut	Weight	Penilaian Alternatif Desain			
		Desain awal	I	II	III
Memuat banyak sepatu	12%	0,5	1	1	1
Ukuran rak sesuai kapasitas pengunjung	12%	0,5	0,5	1	1
Tidak membutuhkan banyak ruang	10%	0,5	0,5	0,5	1
Mudah dibersihkan	12%	0,5	1	1	1
Mudah dipindahkan/ <i>portable</i>	10%	0	0,5	0,5	1
Rak sepatu tertutup	10%	0	1	1	1
Memiliki tempat penyimpanan barang	10%	0,5	0,5	0,5	0,5
Rak sepatu tidak bau	12%	0,5	0,5	0,5	0,5
Rak sepatu menarik	12%	0,5	1	1	1
Score Function		0,402	0,732	0,793	0,890

Setelah memperoleh penilaian desain berdasarkan atribut *voice of customer* dan *weight* dari QFD, selanjutnya dilakukan perhitungan biaya dari masing-masing desain. Perhitungan biaya dilakukan dengan mengakumulasikan harga material yang digunakan untuk membuat setiap desain. Setelah melakukan perhitungan biaya

alternatif desain, selanjutnya nilai *function* dari masing-masing alternatif desain dikonversi dalam bentuk rupiah. Rumus yang digunakan dalam *value engineering* adalah menggunakan persamaan (3) [15] sehingga dihasilkan nilai *function* untuk desain awal dan alternatif desain 1 sebagai berikut:

- Konversi nilai *function* desain awal

$$F_o = F_n: 0,402$$

$$C_o: \text{Rp.4.500.000}$$

$$C'n = \frac{F_n C_o}{F_o} = \frac{(0,402)(\text{Rp.4.500.000})}{0,402} = \text{Rp.}$$

$$4.500.000$$

- Konversi nilai *function* alternatif desain I

$$F_o : 0,402 \text{ dan } F_n \text{ (alternatif desain I): } 0,732$$

$$C_o: \text{Rp.4.500.000}$$

$$C'n = \frac{F_n C_o}{F_o} = \frac{(0,732)(\text{Rp.4.500.000})}{0,402} =$$

$$\text{Rp8.181.818}$$

Dengan perhitungan yang sama didapatkan konversi nilai *function* alternatif desain II dengan $C'n = \text{Rp}8.863.636$ dan konversi nilai *function* alternatif desain III, $C'n = \text{Rp} 9.954.545$. Nilai *function* dari desain awal digunakan untuk mengkonversi nilai *function* dari ketiga alternatif desain. Hal ini dikarenakan alternatif desain dibangun dari desain awal rak sepatu yang sudah ada. Setelah nilai *function* dikonversikan maka dilakukan perhitungan *value* dari masing-masing alternatif desain dengan membagikan nilai *function* yang telah dikonversi dalam bentuk rupiah dengan nilai biaya (*cost*) yang ditampilkan pada tabel 9.

Berdasarkan perhitungan *value* pada tahap evaluasi, desain yang memiliki *value* tertinggi adalah desain III dengan *value* 1,5415. Desain ini selanjutnya digunakan dalam tahap pengembangan produk rak

sepatu Lab. Desprin.

I. Tahap Pengembangan

Bentuk rak sepatu desain III yang menyatu pada bagian dasar memberikan kesulitan saat rak dilipat, sehingga sulit untuk memindahkan rak sepatu. Untuk itu desain III masih perlu dikembangkan kembali untuk memenuhi kebutuhan responden. Agar rak sepatu dapat dilipat maka bentuk rak yang terpisah pada bagian dasar sehingga memberi kemudahan saat memindahkan rak sepatu. Pada desain III rak sepatu dirancang dengan memiliki 3 bagian, yaitu rak bagian kiri dasar, rak bagian tengah dasar, dan rak tunggal. Sementara pada pengembangan desain ini desain rak sepatu menjadi satu bagian yang dapat disusun sebanyak 17 rak secara bertingkat di bagian teras Lab. Desprin sehingga memudahkan pengguna saat melipat dan memindahkan rak sepatu.

Tabel 9. Perhitungan *value* alternatif desain

Alternatif Desain	Biaya (<i>Cost</i>)	<i>Function Score</i>	<i>Function (Rp)</i>	<i>Value</i>	<i>Rank</i>
Desain awal rak sepatu	Rp4.500.000	0,402	Rp4.500.000	1	4
Desain I	Rp6.731.000	0,732	Rp8.181.818	1,2155	3
Desain II	Rp7.261.705	0,793	Rp8.863.636	1,2206	2
Desain III	Rp6.457.800	0,890	Rp9.954.545	1,5415	1

Tabel 10. Ukuran rak sepatu laboratorium Desprin

Dimensi	Data	Persentil	Ukuran	Ukuran Desain
Panjang maksimal rak sepatu	Panjang rentangan siku tangan	95th	99,04 cm	106 cm
Panjang laci rak	Lebar telapak kaki	95th	11,87 cm	100 cm
Lebar rak	Panjang telapak kaki	95th	25,2 cm	33 cm
Tinggi rak	Tinggi bagian tengah telapak kaki	95th	8,2 cm	23 cm

J. Desain Akhir

Setelah melakukan tahapan pengembangan, hasil akhir desain yang diperoleh dari tahap identifikasi *voice of customer* hingga tahap pengembangan desain produk dapat dilihat pada Gambar 9 dengan ukuran detail pada Tabel 10.

Desain akhir rak sepatu Lab. Desprin dihasilkan dari tahap pengembangan desain. Desain rak sepatu yang telah dikembangkan adalah desain yang sudah menjawab seluruh kebutuhan konsumen terhadap rak sepatu Lab. Desprin.

Rak sepatu laboratorium di desain untuk para mahasiswa yang melakukan praktikum, dosen, laboran, dan juga tamu yang sedang berkunjung ke Lab. Desprin. Untuk itu dirancang desain rak sepatu untuk dosen, laboran, maupun tamu yang berkunjung dengan menggunakan ukuran tinggi yang berbeda dengan ukuran tinggi rak sepatu mahasiswa. Ukuran rak sepatu ini adalah 106 x 33 x 30 cm. Rak sepatu ini diharapkan mampu menjawab atribut yang dibutuhkan diantaranya dapat dilipat dan dibongkar dengan desain pada Tabel 11.



Gambar 5. Desain Akhir Rak Sepatu Lab.Desprin

Tabel 11. Desain Rak Sepatu Laboratorium Despin

Keterangan	Gambar	Keterangan	Gambar
Sistem laci		Ukuran rak sepatu sesuai dengan antropometri pengguna yaitu 106 x 33 x 23 cm	
Laci dapat dibongkar pasang		Rak sepatu khusus dosen, laboran dan tamu.	
Rak dapat dilipat			

Berkaitan dengan SOP Lab. Desprin dimana pengunjung tidak dapat membawa tas, botol minum, dan payung ke dalam ruangan laboratorium, maka dirancang sebuah gantungan payung dan rak untuk tempat menyimpan botol minum mahasiswa agar fungsi rak sepatu terpenuhi dalam kebutuhan responden terhadap tempat untuk meletakkan barang seperti payung dan botol minum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.

Setelah keseluruhan desain dirancang, kemudian desain dinilai berdasarkan keterpenuhan fungsi terhadap *customer requirement* untuk menunjukkan apakah

desain akhir produk rak sepatu sudah memenuhi kebutuhan responden atau tidak.

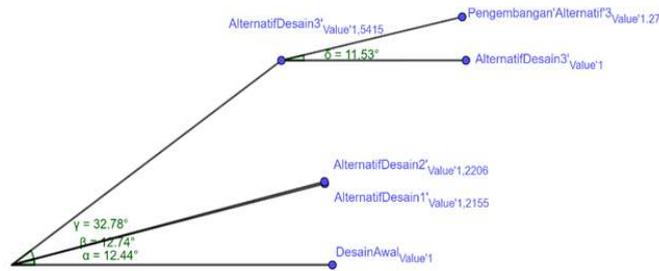
Berdasarkan penilaian keterpenuhan fungsi dari desain akhir produk terhadap *customer requirement*, maka *value* dari desain ini akan dihitung kembali untuk mengetahui apakah hasil pengembangan desain tetap memenuhi fungsi dan biaya. Adapun total biaya material dalam pembuatan produk rak sepatu laboratorium Desprin adalah Rp.5.081.700 dan total biaya pembuatan rak gantungan payung dan tempat botol minum adalah Rp. 793.000, dengan nilai *function* yang diperoleh sebesar 94% atau 0,94.



Gambar 6. Gantungan payung dan tempat untuk meletakkan botol minum

Tabel 12. Penilaian Keterpenuhan Nilai Fungsi Desain Akhir

<i>Customer Requirement</i>	<i>Weight</i>	Desain III (Rating)	Desain III (Nilai)
Memuat banyak sepatu	12%	1	0,12
Ukuran rak sesuai kapasitas pengunjung	12%	1	0,12
Hemat tempat	10%	1	0,1
Mudah dibersihkan	12%	1	0,12
Mudah dipindahkan/ portable	10%	1	0,1
Rak sepatu tertutup	10%	1	0,1
Memiliki tempat penyimpanan barang	10%	1	0,1
Rak sepatu tidak bau	12%	0,5	0,06
Rak sepatu menarik	12%	1	0,12
TOTAL SKOR	100%		94%



Gambar 7. Grafik Perbandingan Alternatif Desain dan Pengembangan Desain

Berdasarkan perhitungan *value* pengembangan desain III, diperoleh *value* sebesar 1,5415. Nilai ini menyatakan bahwa pengembangan desain III mengalami peningkatan *value* baik secara fungsi maupun biaya sebesar 0,5415 apabila dibandingkan dengan alternatif desain III. Pengembangan desain rak sepatu dari alternatif desain III mengalami kenaikan fungsi dan penggunaan biaya yang lebih optimal dibandingkan alternatif desain lainnya. Hal ini menyatakan bahwa desain akhir produk rak sepatu memenuhi dalam konsep *value engineering* dimana fungsi dari desain memenuhi *customer requirement* dan memenuhi biaya yang optimum.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data suara konsumen mengenai kebutuhan responden terhadap rak sepatu laboratorium desprin yang akan dirancang dengan menggunakan metode QFD (*Quality Function Deployment*) yang merupakan tahap informasi pada metode *value engineering*, menghasilkan *customer requirement* dengan *technical*

requirement yang menjawab masing-masing kebutuhan konsumen (*customer requirement*).

Ukuran dari setiap spesifikasi desain rak sepatu disesuaikan dengan ukuran antropometri tubuh manusia bagian panjang rentangan tangan, panjang telapak kaki, lebar telapak kaki, dan tinggi bagian tengah kaki. Ukuran spesifikasi desain disesuaikan dengan persentil setiap dimensi antropometri agar dapat menyesuaikan dengan ukuran tubuh pengguna yang akan menggunakan rak sepatu Lab. Desprin. Hasil dari spesifikasi dan ukuran dimensi produk akan digunakan untuk membangun beberapa alternatif desain yang akan dinilai secara keterpenuhan fungsi dan biaya material yang dibutuhkan. Dari hasil perhitungan *value* ketiga alternatif desain, diperoleh *value* alternatif desain I, II, dan III lebih besar daripada *value* desain awal rak sepatu. Adapun *value* tertinggi adalah alternatif desain III yang menyatakan bahwa alternatif desain III ini yang akan dikembangkan agar memenuhi atribut *voice of customer* yang dibutuhkan oleh responden.

Dengan melakukan tahap evaluasi dan tahap pengembangan desain produk rak sepatu maka diperoleh material yang akan

digunakan pada pembuatan produk. Melalui perhitungan, estimasi biaya untuk pembuatan produk rak sepatu Lab. Desprin adalah Rp.5.081.700, sedangkan untuk biaya produksi rak gantungan adalah Rp. 793.000. Sehingga *value* yang dihasilkan desain akhir produk rak sepatu adalah 1,5415. Apabila dibandingkan, nilai tersebut lebih besar dari *value* alternatif desain lainnya. Hal ini menyatakan bahwa pengembangan desain III rak sepatu memenuhi dalam konsep *value engineering* dimana fungsi dari desain memenuhi *customer requirement* dan memenuhi biaya yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. L. P. Kertiasih, "Peran laboratorium pendidikan untuk menunjang proses perkuliahan jurusan keperawatan gigi Poltekkes Denpasar," *Jurnal Kesehatan Gigi*, vol. 4, no. 2, hal. 59 - 66, 2016.
- [2] B. A. H. Siboro dan G. Stevanus, "Developing candlenut slicer tool for Andaliman derived product production using design for sustainability principle," *Solid State Technology*, vol. 63, no. 6, hal. 927 - 935, 2020.
- [3] D. Rahmayanti, D. Meilani, H. R. Zadry, dan D. A. Saputra, *Perancangan produk dan aplikasinya*, Padang: LPTIK Universitas Andalas, 2018.
- [4] I. Sulistiawan, H. B. Santoso dan A. Komari, "Perancangan produk kepotong rambut dengan mempertimbangkan voice of customer menggunakan quality function deployment," *JATI UNIK*, vol. 2, no. 1, hal. 46 - 54, 2018.
- [5] O. Panjaitan dan Y. Manik, "Aplikasi Quality Function Deployment (QFD) dalam mendesain produk turunan Andaliman," *Talenta Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 2, no. 3, hal. 40 - 58, 2019.
- [6] A. K. Hendrawan dan Hartomo, "Penerapan value engineering pada pengembangan produk sepatu running artikel alfieri untuk efisiensi biaya material di PT.Mustika Dharmajaya Sidoarjo Jawa Timur," *Seminar Nasional Edusaintek FMIPA UNIMUS*, hal. 95 - 103, 2019.
- [7] A. Maryani, D. A. Ratnasari dan S. G. Pratiwi, "Perbaikan perancangan alat pengupas mete menggunakan metode value engineering," *Journal of Industri Engineering and Management*, hal. 82 - 91, 2019.
- [8] A. A. Andriansyah, I. Safi dan H. B. Santoso, "Perancangan pengembangan produk kursi tunggu multifungsi dengan metode (value engineering)," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Industri Universitas Kadiri*, vol. 2, no. 1, hal. 118 - 127, 2020.
- [9] C. E. Marbun dan B. A. H. Siboro, "Perancangan meja dan kursi komputer

- sesuai dengan sistem smart class pada laboratorium desain produk dan inovasi Institut Teknologi Del,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 10, hal. 255 - 265, 2020.
- [10] H. H. Sinaga, B. A. H. Siboro, dan C. Marbun, “Desain meja dan kursi tutorial laboratorium desain produk dan inovasi menggunakan metode 12 prinsip ergonomi dan pendekatan antropometri,” *Jurnal Sistem Teknik Industri*, hal. 34 - 45, 2021.
- [11] J. Tesalonika, B. A. H. Siboro dan C. Marbun, “Perancangan produk stasiun kerja instruktur dengan menggunakan metode ergonomic function deployment,” *Journal of Applied Industrial Engineering*, vol. 13, no. 2, hal. 148 - 158, 2021.
- [12] D. Younker, *Value engineering: analysis and methodology*, Florida: Marcel Dekker Inc, 2003.
- [13] W. Widiasih dan H. Murnawan, “Penyusunan konsep untuk perancangan produk pot portable dengan pendekatan Quality Function Deployment (QFD),” dalam *Seminar Internasional dan Konferensi Nasional IDEC*, Surakarta, 2016.
- [14] A. P. Irawan, *Perencanaan dan pengembangan produk manufaktur*, Yogyakarta: Andi, 2017.
- [15] N. Faria dan R. Adipratama, “Kombinasi metode VAVE (Value Analysis Value Engineering) dan TRIZ: studi kasus pada perancangan shock absorber,” *Jurnal INOVTEK POLBENG*, vol. 10, no. 1, hal. 42 - 50, 2020.
- [16] Y. Manik dan B. A. H. Siboro, “Developing derivative products from Andaliman (*Zanthoxylum Acanthopodium*) using design for sustainability principles,” *Solid State Technology*, vol. 63, no. 6, hal. 937 - 947, 2020.
- [17] M. Rosita, K. Hidayat, dan I. Maflahah, “Analisis nilai tambah olahan ikan peperek (*Leiognathus equulus*) menjadi ikan peperek crispy menggunakan value engineering,” *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, vol. 10, no.1, hal. 15 - 25, 2018.

ANALISIS DAN PENGEMBANGAN SISTEM PENJUALAN DAN SEWA BUKU DIGITAL (EBOOK) MENGGUNAKAN METODE UNIFIED MODELING LANGUAGE (UML)

¹Sri Setyorini, ²Edi Pranoto

¹Magister Sistem Informasi Akuntansi Universitas Gunadarma, ²Fakultas Ekonomi Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹srisetyorini@student.gunadarma.ac.id, ²edip@staff.gunadarma

Abstrak

Fakta bahwa minat baca masyarakat Indonesia masuk ke dalam kategori rendah sungguh memprihatinkan. Ada banyak kendala yang salah satunya adalah faktor akses di mana jumlah perpustakaan sekolah ternyata masih kurang, bahkan jumlahnya tidak lebih dari 80%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengembangkan sistem penjualan dan sewa buku digital (ebook) dalam rangka memfasilitasi tempat membaca di era digital seperti sekarang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode konvensional dengan bantuan Unified Modeling Language (UML). Diagram yang digunakan antara lain diagram cara penggunaan (use case), diagram aktivitas, dan diagram kelas. Pada penelitian ini, data yang dijadikan sumber untuk menganalisis kebutuhan berasal dari hasil kuisioner para pengguna platform sejenis. Hasil penelitian ini berupa rancangan sistem penjualan dan sewa buku digital (ebook) yang diharapkan dapat memberi ruang yang nyaman kepada pembaca dan meningkatkan minat baca masyarakat.

Kata Kunci: ebook, minat baca, sistem penjualan dan sewa, unified modeling language

Abstract

The fact that the reading interest of the Indonesian people falls into the low category is really concerning. There are many obstacles. One of them is the access factor where the number of school libraries is still insufficient, even the number is not more than 80%. This study aims to analyze and develop a system for selling and rental digital books (ebooks) in order to facilitate reading places in today's digital era. The method used in this thesis is the conventional method with the help of Unified Modelling Language (UML). The diagrams were used include use case diagrams, activity diagrams, and class diagrams. In this thesis, the data used as a source for analyzing needs came from the results of questionnaires from users of similar platforms. The results of this thesis is in the form of a system design for selling and rental digital books (ebooks) which is expected to provide a comfortable space for readers and increase people's reading interest.

Keywords: ebook, reading interest, sales and rental system, unified modeling language

PENDAHULUAN

Membaca buku bagi sebagian orang memang dianggap sebagai kegiatan yang membosankan, tapi sekarang untuk mendapatkan informasi yang diinginkan tidak harus mem-bacanya dari buku. Informasi bisa

dicari dari mana pun asalkan sumbernya dapat diper-tanggungjawabkan, misal artikel berita, jurnal penelitian, dan sebagainya. Aksesnya pun sekarang dipermudah berkat adanya internet.

Sayangnya, meskipun sudah dikatakan demikian, masyarakat Indonesia masih kurang

termotivasi untuk membaca (kurang minat baca). Hal ini membuat Indonesia dapat ranking terbawah kedua dari 61 negara yang menjadi sampel untuk “*The World’s Most Literate Nations*” [1]. Penyebab rendahnya minat dan kebiasaan membaca itu salah satunya adalah kurangnya akses, terutama di daerah terpencil. Bahkan jumlah perpustakaan tidak lebih dari 80% dari jumlah sekolah.

Dalam masa pandemik karena virus COVID-19, sambungan internet juga menjadi kebutuhan terpenting untuk mendukung kegiatan belajar mengajar di kelas *online*. Para murid dituntut untuk ikut kelas *online* atau dengan daring. Mereka harus belajar menggunakan alat elektronik yang bisa terhubung dengan internet, seperti komputer, laptop, atau *smartphone*.

Minat baca juga tidak harus dilakukan dengan membaca produk dalam kategori buku saja. Mereka yang lebih suka seni dan mudah bosan membaca banyaknya huruf dapat membaca versi komik atau cerita bergambar. Ada pengaruh pencapaian murid-murid yang diajarkan dengan bantuan komik dengan murid-murid yang tidak menggunakan komik. Itu dikarenakan media komik memudahkan mereka dalam mengerti teks [2]. Fakta tentang penggunaan komik dan grafik novel dapat dipertimbangkan dalam mengembangkan literasi visual [3].

Komik versi digital atau sering disebut “*webtoon*” yang diambil dari singkatan “*website*” dan “*cartoon*” sudah terkenal di seluruh dunia. Negara yang banyak

menghasilkan *webtoon* ini adalah Korea Selatan dan Jepang. Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *webtoon* di Korea Selatan adalah model bisnis *One-Source Multiple Uses* (OSMU).

Hal penting dari pertumbuhan *webtoon* ini adalah bisnis modelnya yang menggunakan model *platform* atau portal dalam pendistribusiannya. *Platform* atau portal berfungsi sebagai *hub* pusat untuk aliran masuk dan distribusi konten *webtoon*, situs penghasil pendapatan, dan inkubasi konten lebih lanjut. Hal ini menjaga *fix cost* tetap rendah sebanding dengan *variable cost*, menciptakan *leverage* operasi yang rendah sehingga menurunkan risiko, keragaman produk, dan perputaran konten yang tinggi [4].

Banyak penelitian telah berhasil membuat sistem penjualan buku, baik berbasis *website* maupun *android*. Penelitian yang dilakukan oleh Wijaya dan Sari, yaitu membuat aplikasi *mobile commerce* penjualan buku *online* menggunakan metode *prototype* dan *Unified Modeling Language* (UML). Pada sistem ini, buku yang dijual merupakan buku berfisik yang harus dikirim lewat kurir [5]. Hidayatullah, Wardani, dan Rachmadi membuat *website* profil untuk membantu para pengrajin dengan metode *Rational Unified Process* (RUP). Sistem ini hanya berfokus pada informasi tentang *event-event* serta pemesanan ikut pelatihan [6]. Penelitian lain dilakukan oleh Profesi dan Henderi, yaitu membuat sistem informasi kepegawaian

berbasis komputer menggunakan metode UML. Kekurangan dalam penelitian ini adalah tidak adanya implementasi berupa tampilan sistem dan hanya berfokus pada rancangan saja [7].

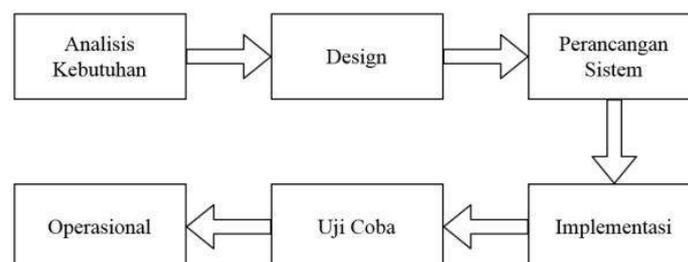
Berdasarkan permasalahan yang dijabarkan beserta penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini dilakukan untuk analisis dan pengembangan sistem penjualan dan sewa buku digital (*ebook*) yang diberi nama “Reader Stream”. Sistem ini tidak hanya menyediakan buku teks, melainkan ada juga komik atau *webtoon* yang berfokus pada visualisasi dan teks. Penelitian ini diharapkan dapat membantu meningkatkan minat baca masyarakat Indonesia.

METODE PENELITIAN

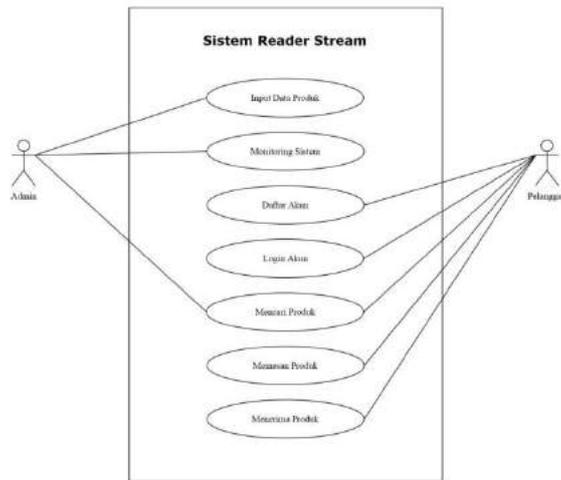
Model proses pengembangan sistem pada penelitian ini adalah model *waterfall* dengan metode perancangan yang digunakan, yaitu *Unified Modeling Language* (UML). Model *waterfall* merupakan model pengembangan sistem yang tidak tumpang tindih, yang

artinya model *waterfall* memulai dan mengakhiri satu tahapan sebelum memulai tahapan berikutnya [8]. Dengan kata lain, model *waterfall* memiliki proses pengembangan sekuensial, di mana kemajuan terlihat mengalir terus ke bawah (seperti air terjun) melalui beberapa fase [9] seperti pada Gambar 1. Model UML adalah bahasa pemodelan untuk sistem atau perangkat lunak yang berparadigma (berorientasi objek) [10]. Hasil dari observasi, kuisisioner, dan wawancara kepada narasumber digunakan dalam menganalisis kebutuhan untuk mengembangkan sistem.

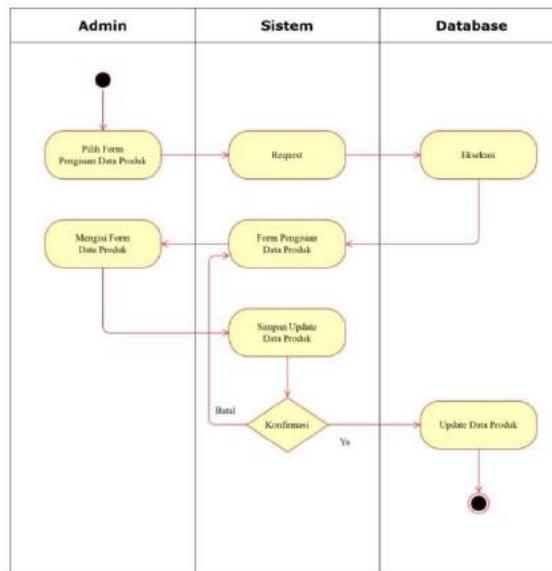
Pada Gambar 2 adalah diagram *use case* dari Reader Stream. Pengguna utama yang menggunakan sistem ini, yaitu admin dan pelanggan. Tugas admin adalah menginput data produk (buku) dan memonitor sistem. Pelanggan menggunakan sistem untuk melakukan transaksi dan membaca *ebook*. Dalam *use case* menerima produk, sistem akan mengirim atau mentransmisi data berupa *ebook* yang sudah dibeli atau disewa dan pelanggan bisa membacanya di *platform* Reader Stream.



Gambar 1. Model *Waterfall*



Gambar 2. Diagram Use Case Reader Stream

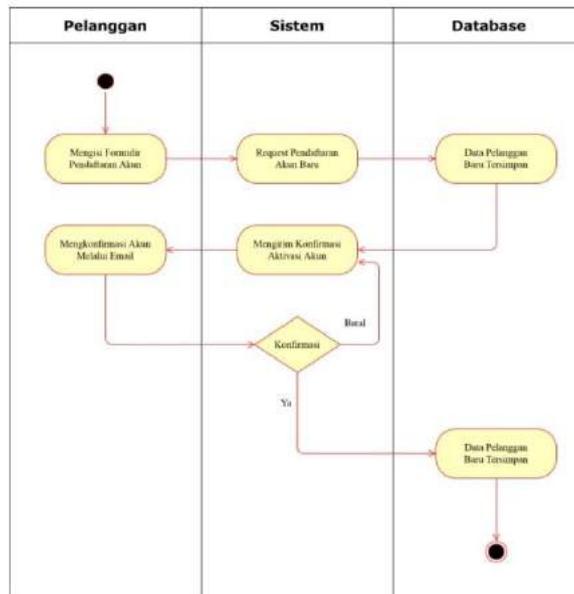


Gambar 3. Diagram aktivitas meng-update data produk

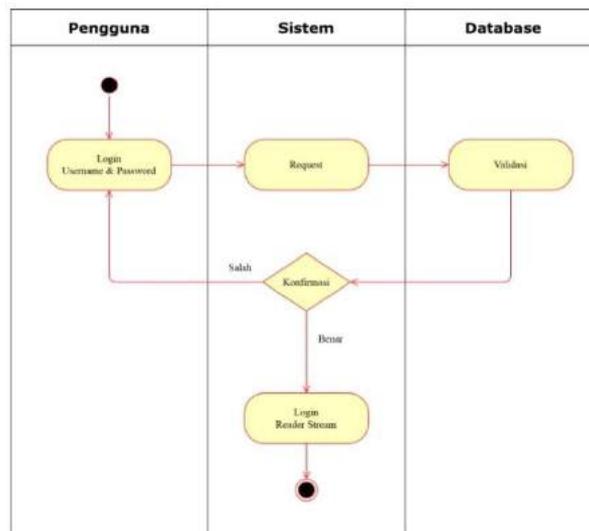
Kemudian pada halaman khusus membaca, pelanggan dapat mengatur sendiri warna *background*, *font size*, *font type*, dan sebagainya. Hal ini berguna untuk membuat pelanggan nyaman saat membaca *ebook*. Ada juga fitur *bookmark* supaya mempermudah pelanggan melanjutkan kegiatan membacanya. Fitur-fitur tersebut juga banyak dipakai

oleh *platform* baca lainnya.

Setelah mendefinisikan sistem Reader Stream dengan diagram *use case*, berikutnya adalah membuat diagram aktivitas. Aktivitas pertama pada Gambar 3, yaitu admin melakukan pembaruan (*update*). Aktivitas ini selain merubah detail dan isi produk juga dapat menambah-kan produk baru.



Gambar 4. Diagram aktivitas mendaftar akun



Gambar 5. Diagram aktivitas login akun

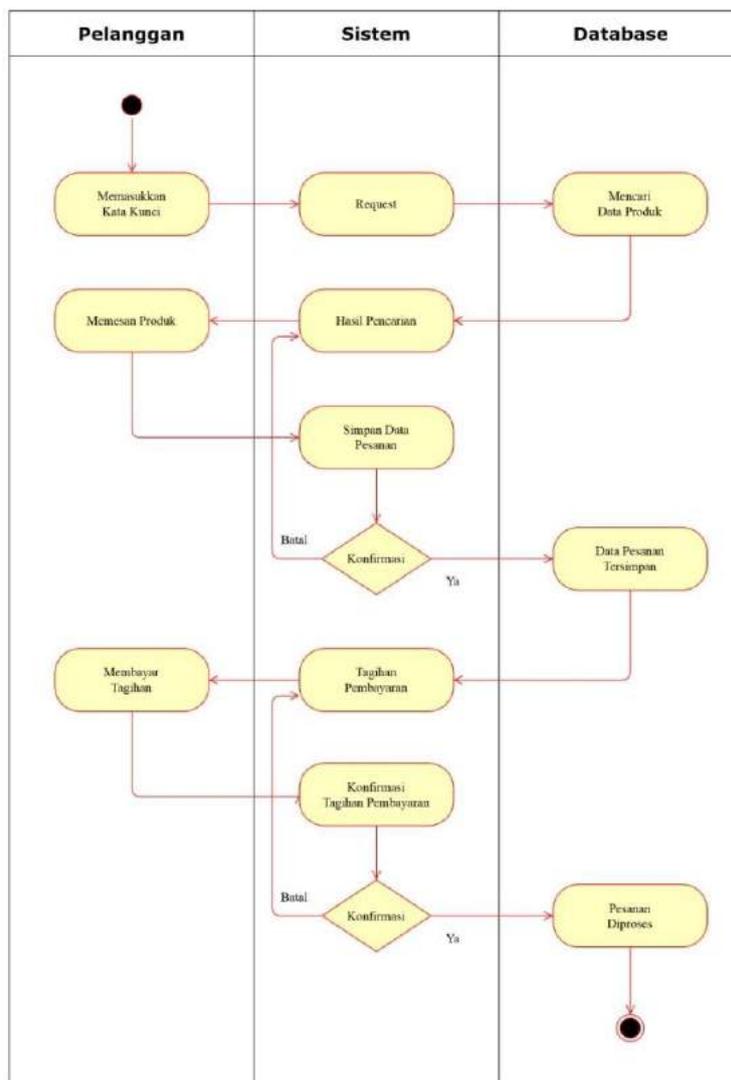
Pelanggan tidak bisa melakukan transaksi tanpa akun di Reader Stream. Pada Gambar 4 adalah diagram aktivitas yang dilakukan pelanggan ketika mendaftar akun. Pelanggan juga perlu mengkonfirmasi aktivasi akun dengan mengklik *link* yang dikirim lewat *email*.

Dalam aktivitas *login*, pelanggan hanya perlu mengisi kolom *username* dan *password*. Hal ini sama seperti *platform* lainnya. Diagram *login* dapat dilihat pada Gambar 5.

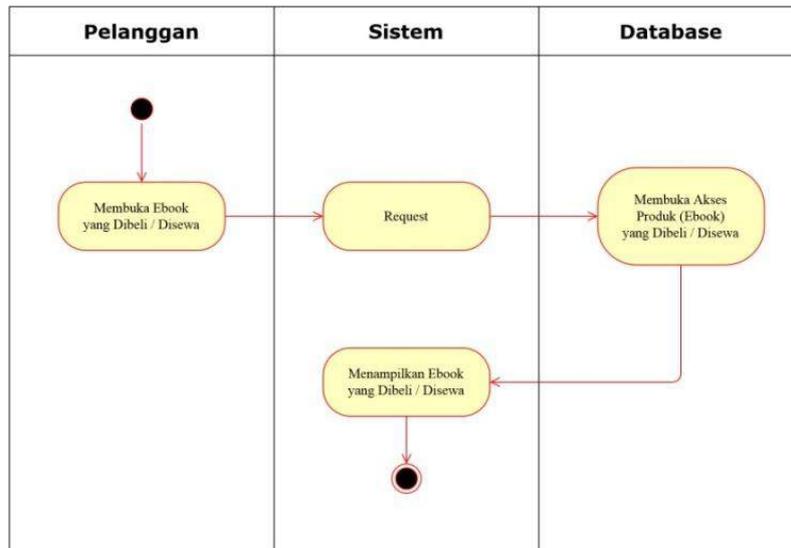
Terkadang pelanggan sudah memiliki tujuan dari awal, ingin membeli atau menyewa *ebook* sehingga mereka langsung

menggunakan fitur pencarian seperti yang terlihat pada Gambar 6. Untuk mempermudah penemuan hasil yang akurat, pelanggan bisa memasukkan kata kunci atau misal hanya mengingat nama karakter, sistem tidak hanya akan mengambil hasil berdasarkan judul, namun juga dari ringkasan (*summary*), kategori, maupun detail lainnya. Selain itu, Reader Stream menyediakan fitur penyaringan (*filter*), dari berdasarkan kategori, tanggal perilisan, dan sebagainya.

Lalu pelanggan mengklik produk yang ingin dibeli atau disewa dan akan dibawa ke halaman detail produk. Pelanggan bisa langsung memasukkannya ke dalam keranjang atau hanya masuk *wishlist* sebelum melanjutkan ke pembayaran. Pelanggan bisa membayarnya melalui akun Google, transfer *m-banking*, kartu kredit, kartu debit, dan *master card*. Dari semua cara pembayaran, akun Google yang paling mudah digunakan.



Gambar 6. Diagram aktivitas memesan produk



Gambar 7. Diagram aktivitas transmisi *ebook* yang dibeli/disewa

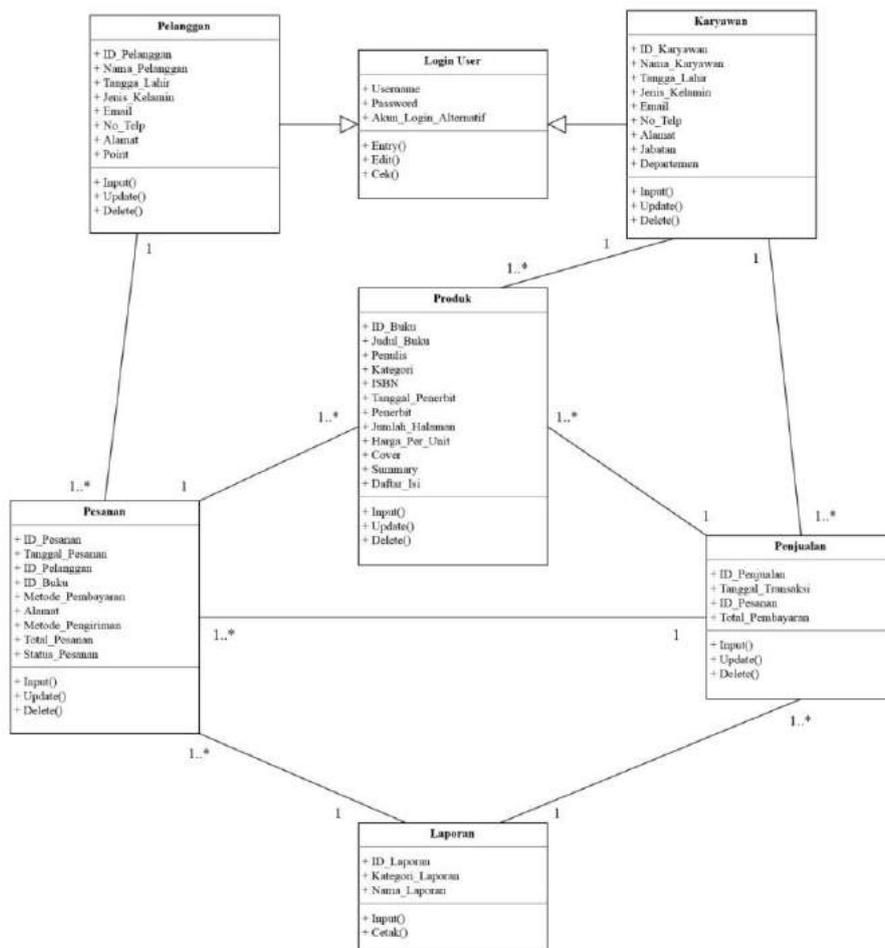
Pelanggan juga diberi waktu 24 jam setelah keranjang *di-take out* untuk membayar karena tidak semua pelanggan bisa langsung membayarnya. Kemudian di setiap transaksi, pelanggan diberi hadiah berupa tiket sewa satu *ebook* dan menambah poin. Lalu untuk harga setiap *ebook* disesuaikan dengan harga buku fisik, baik yang dijual maupun disewa. Hal yang pasti adalah harga satu *ebook* tidak lebih dari harga buku fisik, sementara harga sewa satu *ebook*, yaitu 10% dari harga buku fisik. Jangka waktu penyewaan *ebook* adalah 14 hari.

Setelah pembayaran sukses, pesanan diproses. Tentu pembelian buku fisik akan

lebih lama dibanding *ebook* yang bisa langsung diakses, baik *online* maupun *offline*, namun untuk membaca secara *offline*, pelanggan harus mengunduh *ebook* terlebih dahulu. *Ebook* akan ditransmisi ke akun pelanggan dan hanya dapat dibaca di *platform* Reader Stream.

Tahap selanjutnya adalah membuat diagram kelas. Pada Gambar 8 menunjukkan ada enam tabel. Masing-masing tabel tersebut memiliki kunci utama (*primary key*), yaitu:

- Pelanggan => ID_Pelanggan
- Karyawan => ID_Karyawan
- Produk => ID_Produk
- Pesanan => ID_Pesanan
- Penjualan => ID_Penjualan



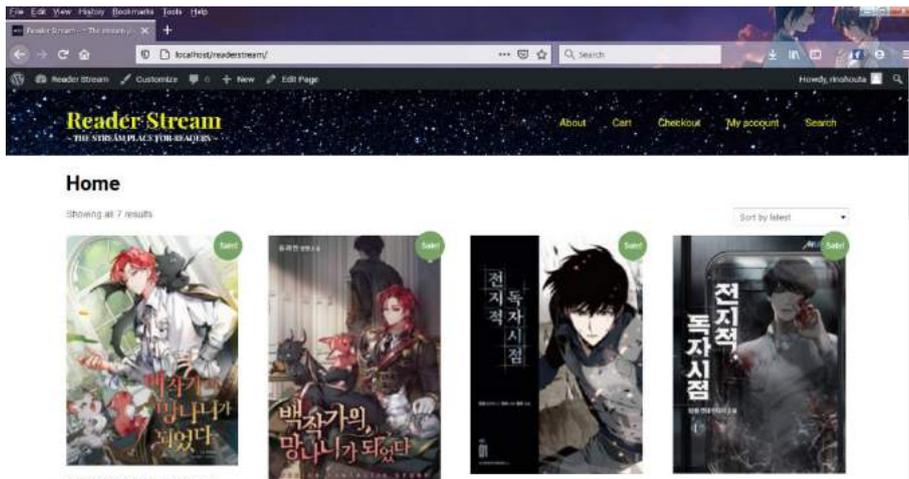
Gambar 8. Diagram kelas sistem Reader Stream

HASIL DAN PEMBAHASAN

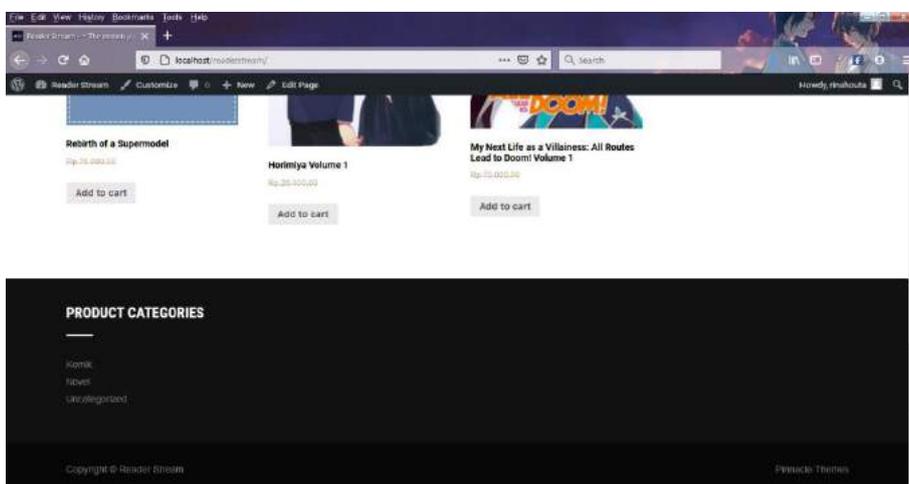
Dalam membuat sistem Reader Stream berbasis *web*, penelitian ini menggunakan aplikasi XAMPP untuk mempermudah cara pembuatannya. Modul PHP, MySQL, dan *web server* Apache sudah terinstalasi di dalam XAMPP. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan WordPress dan WooCommerce. Keduanya merupakan sistem *free open-source*. WooCommerce sendiri merupakan *plugin* yang disediakan untuk pengusaha yang

menggunakan WordPress. Jadi, keduanya sama-sama dibutuhkan dalam implementasi pada penelitian ini.

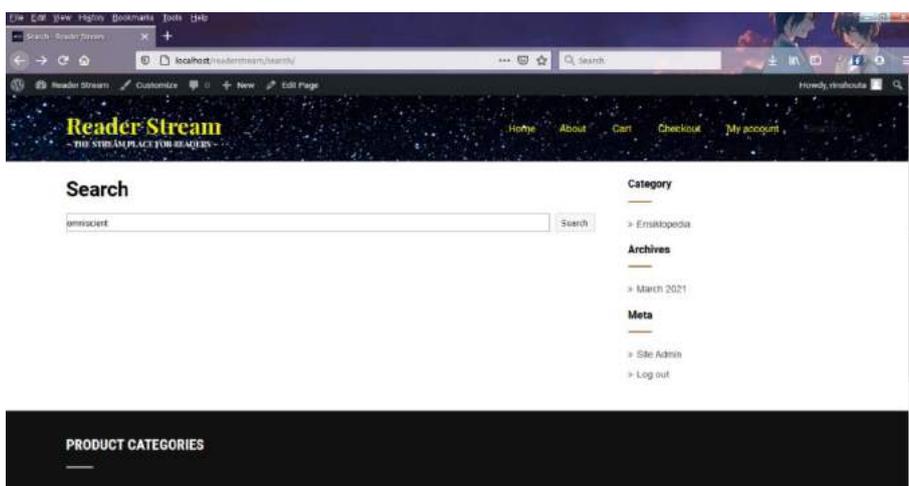
Rancangan sistem yang sudah dibuat kemudian diimplementasikan. Gambar 9 adalah tampilan halaman awal Reader Stream. Tampilan tersebut berdasarkan tema Library Books yang disediakan oleh WordPress. Kemudian di bagian bawah atau pada kolom Footer, terdapat pilihan produk berdasarkan kategori, contohnya kategori novel dan komik.



Gambar 9. Tampilan awal Reader Stream



Gambar 10. Kolom Footer Reader Stream

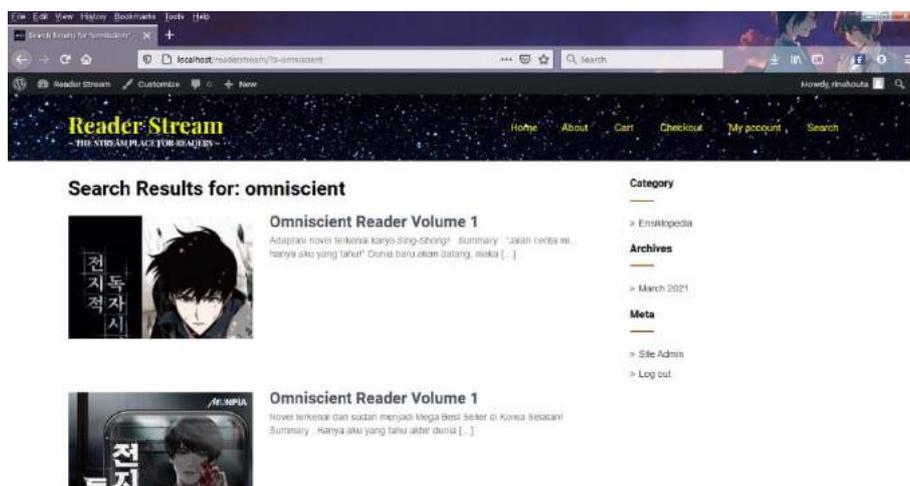


Gambar 11. Halaman menu “Search”

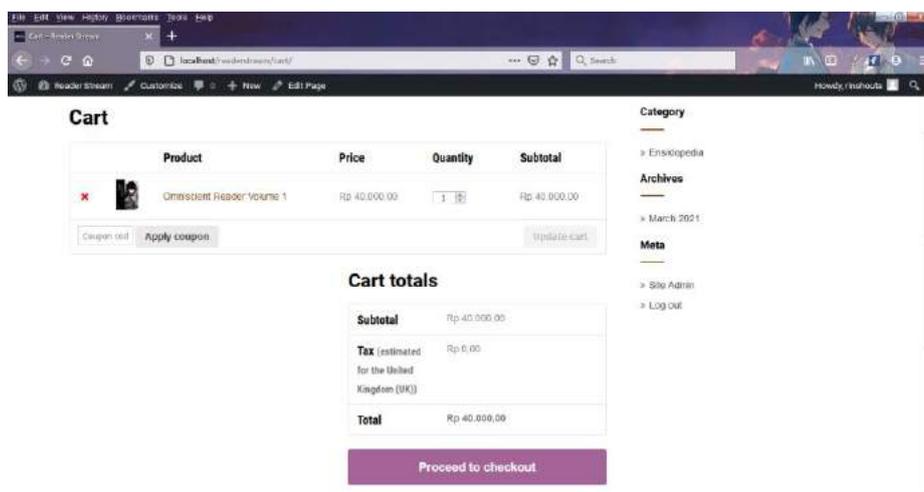
Selain itu juga dilakukan uji coba untuk membeli produk yang ada. Untuk melakukan pencarian produk, pelanggan bisa membuka menu “Search” seperti pada Gambar 11. Setelah diklik “Search”, maka akan muncul hasil pencarian dari kata kunci yang sudah diberikan.

Kemudian setelah menemukan produk

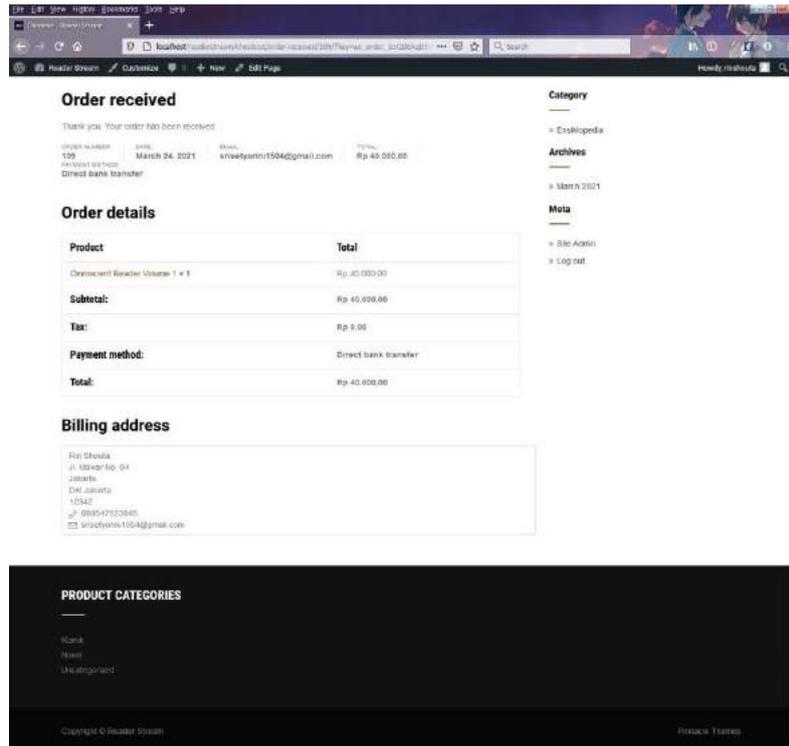
yang dicari, pelanggan bisa mengklik produk yang ingin dibeli. Gambar 13 adalah tampilan keranjang sebelum diproses. Pelanggan diharuskan mengisi informasi seperti alamat, nomor telepon, dan sebagainya jika pelanggan belum melengkapi data diri pada akunnya. Kemudian laporan pesanan akan muncul seperti pada Gambar 14.



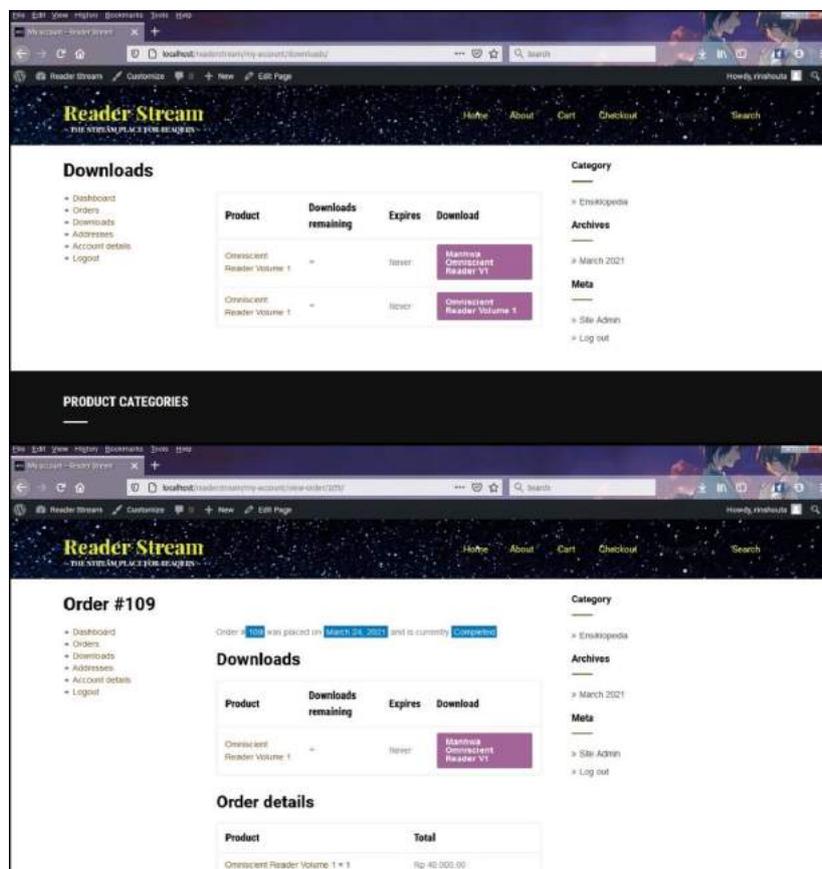
Gambar 12. Hasil pencarian



Gambar 13. Tampilan keranjang sebelum di-checkout



Gambar 14. Laporan pesanan telah diterima



Gambar 15. Unduhan ebook yang sudah dibeli

Status pesanan akan terlihat di menu “Orders” dari akun pelanggan. Jika pelanggan sudah membayar, maka *ebook* dapat diunduh pada menu “Downloads”. Baik pada detail tiap pesanan maupun dalam menu “Downloads”, pelanggan bisa langsung mengunduh *ebook* yang sudah dibeli seperti yang terlihat pada Gambar 15.

HASIL UJI COBA

Dalam menguji coba *platform* Reader Stream, penelitian ini menggunakan metode *Black Box*. *Black Box Testing* adalah metode pengujian perangkat lunak yang tes fungsionalitas dari aplikasi yang bertentangan dengan struktur internal atau kerja. Tes ini dapat menjadi fungsional atau non-fungsional, meskipun biasanya fungsional [11].

Tabel 1. Hasil Uji Coba metode *Black Box*

No.	Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Login admin dan pelanggan.	Sistem akan menampilkan pengisian nama akun dan password.	Sistem menampilkan pengisian nama akun dan password.	Sesuai
2	Meng- <i>update</i> data produk.	Sistem akan menampilkan formulir pengisian data produk.	Sistem menampilkan formulir pengisian data produk.	Sesuai
3	Mendaftar akun pelanggan.	Sistem akan menampilkan formulir pendaftaran akun.	Sistem menampilkan formulir pendaftaran akun.	Sesuai
4	Mencari produk.	Sistem akan menampilkan menu pencarian atau “Search”.	Sistem menampilkan menu pencarian atau “Search”.	Sesuai
5	Memesan produk.	Sistem akan menampilkan pilihan cara memesan produk.	Sistem menampilkan pilihan cara memesan produk.	Sesuai
6	Membayar produk.	Sistem akan menampilkan tagihan pembayaran.	Sistem menampilkan tagihan pembayaran.	Sesuai
7	Pemesanan dikirim.	Sistem akan menampilkan produk yang sudah dibeli/disewa pada menu “Downloads” di akun pelanggan.	Sistem menampilkan produk yang sudah dibeli/disewa pada menu “Downloads” di akun pelanggan.	Sesuai

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini dilakukan guna memberikan solusi terhadap permasalahan terkait minat baca masyarakat Indonesia yang kurang. Dengan memanfaatkan keadaan masa pandemik seperti sekarang ini di mana jaringan internet sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, salah satu solusinya adalah mengembangkan sistem untuk menyediakan akses atau fasilitas membeli buku (baik buku berfisik dan buku digital) serta bisa menyewa buku digital (*ebook*).

Reader Stream memiliki empat opsi yang ditawarkan kepada pelanggan dalam ber-transaksi, yaitu membeli buku fisik, membeli *ebook full*, membeli per *chapter* / per bab, dan menyewa *ebook*. Harganya pun disesuaikan sehingga versi *ebook* tidak lebih mahal daripada harga buku fisik. Kemudian sistem juga memberikan kebebasan untuk memilih warna *background*, *font size*, *font type*, dan sebagainya pada menu membaca agar pengguna merasa nyaman ketika membaca *ebook*. Sistem juga menyediakan membaca *offline*, baik pada pilihan membeli maupun menyewa *ebook*. Hal yang berbeda tentu saja pada penyewaan *ebook*, pelanggan diberi keterbatasan waktu untuk membaca *ebook* tersebut, baik *offline* maupun *online*.

Pada saat implementasi, sistem yang dibuat masih banyak kekurangan yang mungkin dapat dimutakhirkan kembali. Dalam meningkatkan minat baca masyarakat, sebaiknya perusahaan di bidang penerbitan

maupun pencetakan buku membuat sistem di mana ada pilihan untuk membaca karya atau produk yang dijual atau disewa secara gratis. Tentu saja pelanggan hanya bisa membaca karya atau produk yang digratiskan dalam jangka waktu tertentu. Selain itu, pihak perusahaan juga dapat membuat *event* tertentu dengan pemberian hadiah yang menarik kepada pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. McLaughlin, "World's Most Literate Nations Ranked", CCSU News: webcapp.ccsu.edu. 9 Maret 2016 [Diakses: 22 Maret 2021].
- [2] A. Kamil, E. Komariah, dan Yuliana, "The Use of Comic to Improve Students' Reading Comprehension Skill at Junior High School", *Research in English and Education (READ)*, vol. 2, no. 3, Agustus, 2017. [Daring]. Available: <http://www.jim.unsyiah.ac.id/READ/article/view/7154>. [Diakses: 7 Oktober 2020].
- [3] I. Cimermanova, "Using comics with novice EFL readers to develop reading literacy". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 174, Februari, 2015. [Daring]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815009684>. [Diakses: 7 Oktober 2020].

- [4] G. L. Hyung, "Korean Webtoons: Explaining Growth", *Institute of Korean Studies Annual*, vol. 16, no. 1, 2015. [Daring]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Korean-Webtoons%3A-Explaining-Growth-Lynn/4567cadfc74c6582f6150864d9fac71ed06d1f5c>. [Diakses: 7 Oktober 2020].
- [5] H. Wijaya dan W. S. Sari, "Rancang Bangun Mobile Commerce Berbasis Android Pada Toko Duta Buku Semarang", *Techno.COM*, vol. 14, no. 2, 2015. [Daring]. Available: <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/tehnoc/article/view/883>. [Diakses: 14 April 2020].
- [6] R. J. Hidayatullah, N. H. Wardani, dan A. Rachmadi, "Pengembangan Website Kampung Batik Jetis Dengan Metode Rational Unified Process", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 11, November, 2018. [Daring]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/2907>. [Diakses: 6 Juni 2020].
- [7] D. E. Profesi dan Henderi, "Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Kepegawaian Menggunakan Unified Modeling Language (UML)", *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 1, April, 2018. [Daring]. Available: <https://www.neliti.com/publications/288634/analisis-dan-perancangan-sistem-informasi-kepegawaian-menggunakan-unified-modeli>. [Diakses: 24 April 2020].
- [8] A. Alshamrani dan A. Bahattab, "A Comparison Between Three SDLC Models Waterfall Model, Spiral Model, and Incremental/Iterative Model", *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, vol. 12, no. 1, Januari, 2015. [Daring]. Available: <https://sijal-technology.com/images/company/86b122d4358357d834a87ce618a55de0.pdf>. [Diakses: 20 Agustus 2021].
- [9] P. K. Rangunath, S. Velmourougan, P. Davachelvan, S. Kayalvizhi, dan R. Ravimohan, "Evolving A New Model (SDLC Model-2010) For Software Development Life Cycle (SDLC)", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, vol.10, no.1, Januari, 2010. [Daring]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.842.3201&rep=rep1&type=pdf>. [Diakses: 20 Agustus 2021].
- [10] A. Nugroho. *Rekayasa Perangkat Lunak Menggunakan UML dan Java*. Yogyakarta: Andi Offset, 2010.
- [11] A. P. Putra, F. Andriyanto, Karisman, T. D. M. Harti, W. Puspitasari, "Pengujian Aplikasi Point Of Sale

Berbasis *Web* Menggunakan *Black Box Testing*”, *Jurnal Bina Komputer*, vol. 2, no. 1, Februari, 2020. [Daring]. Available:

<http://journal.binadarma.ac.id/index.php/binakomputer/article/view/757>. [Diakses: 20 Agustus 2021].

PENGUNAAN STRAIN GAUGE SEBAGAI KENDALI KURSI RODA

¹Imelda U. V. Simanjuntak, ²Agus D. Rochendi, ³Lukman M. Silalahi, ⁴Ketty S. Salamah

^{1,3,4}Fakultas Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, ²Departemen Oseanografi

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Jl. Meruya Selatan Kembangan Jakarta Barat 11650 DKI Jakarta

¹imelda.simanjuntak@mercubuana.ac.id, ²agus.dendi.rochendi@lipi.go.id,

³lukman.medriavin@mercubuana.ac.id, ⁴kettysitisalamah@mercubuana.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi yang cukup pesat mendorong semua proses manual pada zaman sekarang ini menjadi proses otomatis. Tidak terkecuali dalam hal alat bantu berjalan seperti kursi roda. Oleh karena itu, penelitian merancang alat kursi roda elektrik cukup hangat untuk di bahas. Kursi roda elektrik yang pergerakannya dikontrol langsung oleh pengguna, menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak. Penelitian ini menggunakan motor penggerak yang sepenuhnya dikontrol oleh sensor strain gauge. Kemudian dipasang dengan tombol gerak pada jari pengguna kursi roda sebagai pengontrol utama. Beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan tombol maju, mundur, kiri, kanan dan stop adalah nilai sensitivitas, linearitas, respon time, dan kalibrasi yang sesuai referensi ideal sensor. Hasil penelitian ini memberikan nilai hambatan rata – rata rentang 344.65 - 354.65 (ohm), Sensitivitas tegangan sebesar 0.0612 - 0.0617 (volt), sensitivitas tegangan terhadap indek tekuk dengan grafik yang linear, dan respon time tiap 1 (satu) detik didapatkan rata-rata perubahan voltase dari -0.0054 sampai dengan 0.3574 volt. Dan hasil ini merupakan nilai yang baik dalam rentang referensi sensor ideal. Sehingga dapat selanjutnya digunakan untuk nilai pemetaan jari-jari yang digunakan untuk mengontrol arah pada program mikrokontroler kursi roda dielektriknya.

Kata Kunci: kontrol, respon time, sensor, sensitivitas, strain gauge

Abstract

The rapid development of technology has pushed all manual processes in today's era into automated processes. No exception in terms of walking aids such as wheelchairs. Therefore, research on the design of electric wheelchairs is hot enough to be discussed. An electric wheelchair whose movement is controlled directly by the user, combining hardware and software. This study uses a motor that is fully controlled by a strain gauge sensor. Then it is installed with the motion button on the wheelchair user's finger as the main controller. Some of the parameters used in determining the forward, backward, left, right and stop buttons are sensitivity, linearity, response time, and calibration values according to the ideal sensor reference. The results of this study provide an average resistance value of 344.65 - 354.65 (ohms), stress sensitivity of 0.0612 - 0.0617 (volts), stress sensitivity to bending index with a linear graph, and response time every 1 (one) second obtained the average voltage change from -0.0054 to 0.3574 volts. And this result is a good value in the ideal sensor reference range. So that it can then be used for mapping the radius value which is used to control the direction of the dielectric wheelchair microcontroller program.

Keywords: control, response time, sensitivity, sensor, strain gauge

PENDAHULUAN

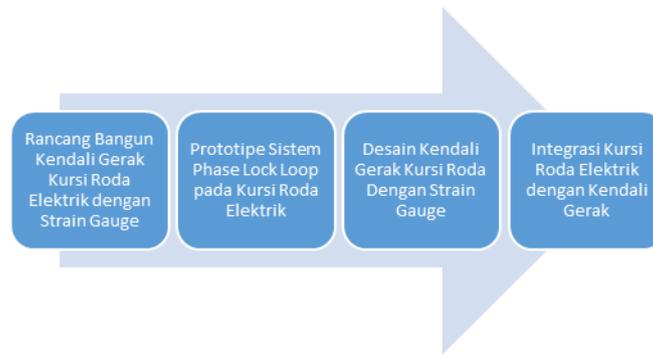
Pasien penyakit lumpuh membutuhkan kursi roda untuk memudahkan aktivitas sehari-hari. Selama ini penggunaan kursi roda dengan proses manual belum menjadi solusi terutama pada orang lumpuh pada kondisi berat. Menurut Pradita dkk. (2018) bahwa sektor kesehatan merupakan salah satu dari 10 (sepuluh) prioritas nasional. Inpres No. 6 tahun 2016. Tercatat kursi roda yang beredar didominasi oleh produk import dari China. Sampai bulan November 2018 teridentifikasi 9.935 standar dalam semua sektor, 189 SNI terkait alat kesehatan. Namun tidak ada yang diberlakukan secara wajib. Salah satunya SNI 09-4663-1998 tentang kursi roda yang telah berusia 20 tahun tanpa ada pembaruan[1]. Oleh karena itu, teknologi sensor ikut meramaikan pengembangan penelitian kontrol kursi roda otomatis pada jari tangan manusia. Dengan cara menggerakkan salah satu anggota badan (tangan) dipasang sensor strain gauge dan di sambungkan dengan mekanik motor elektrik yang terdapat kursi roda.

Strain gauge adalah pita tipis konduktor yang akan naik tahanan listriknya bila meregang (positive strain/ tension stress) dan turun bila mengerut (negative strain/ compressive stress)[2]. Strain gauge adalah sensor strain yang mengubah regangan menjadi hambatan kemudian dengan rangkaian Jembatan Wheatstone dikonversi menjadi Tegangan namun karena tegangan yang dihasilkan sangatlah kecil (skala mili Volt)

dibutuhkan rangkaian Penguat sehingga sensor strain gauge dapat menjadi actuator. Untuk mendukung pembaharuan produk dalam negeri dengan harga terjangkau, penelitian ini merancang kursi roda elektrik dengan kontrol gerakan tubuh menggunakan strain gauge. Sensor tubuh ditemukan memiliki fungsi yang sangat baik dalam membantu postur dan rehabilitasi pengguna[3].

Beberapa penelitian serupa juga dilakukan oleh Naresh dkk. (2019) mendesain kursi roda bentuk *joystick* kecil, dan menguraikan gerakan untuk roda bergerak ke arah yang diinginkan[4]. Akan tetapi memiliki kelemahan untuk penderita yang tidak memiliki tenaga kuat dalam menggerakkan *joystick*. Kemudian Mohammad U. dkk. (2015) mendesain kendali kursi roda dengan gerakan mata yang terdeteksi oleh kamera, kemudian ditangkap oleh sinyal yang disebut sinyal electro oculo graphic (EOG). Sinyal EOG diproses dan dihubungkan dengan mikrokontroller secara seri untuk mengendalikan gerakan kursi roda. Komunikasi serial antara matlab script dan mikrokontroler dilakukan melalui port rs232. LCD dapat ditempatkan di papan sirkuit untuk menampilkan response gerak sesuai dengan gerakan retina[5].

Akmeliawati R. dkk. (2011) mendesain kontrol kursi roda menggunakan sarung tangan. Mikrokontroler arduino yang dihubungkan secara seri dengan rangkaian sensor ke setiap jari pada sarung tangan sebagai kendali gerak yang terhubung ke langsung rangkaian penggerak roda di bawah kursi[6].



Gambar 1. Research road map

Berdasarkan penjelasan singkat beberapa penelitian serupa di atas, penelitian ini juga menawarkan pengendali roda menggunakan sensor *strain gauge* sebagai pilihan baru untuk menggerakkan jari tangan pengguna kursi untuk mengendalikan operasi gerak ke depan, belakang, kiri, kanan dan diam/rem melalui pengukuran nilai hambatan, respon time minimum, sensitivitas, dan linieritas untuk setiap sensornya. Sehingga pengguna kursi roda tidak membutuhkan waktu dan tenaga yang lama untuk fleksibilitas geraknya. Dengan sensor tersebut diharapkan lebih efisien, sehingga tidak banyak komponen yang dipakai dan mudah dalam penggunaan perancangannya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini adalah :

a. Studi Literatur

Tahap pertama dilakukan studi literatur dengan mencari referensi yang relevan dengan objek penelitian dari sumber informasi yaitu buku, hasil penelitian atau

jurnal, catatan data dan sumber-sumber informasi lainnya.

b. Observasi

Tahap dilakukan teknik pengumpulan sumber data primer dan data sekunder yang berupa angka, tulisan, gambar atau grafik melalui pengamatan, kajian pustaka dan ditunjang melalui sumber-sumber lain dari internet terhadap obyek penelitian yang berkompeten.

c. Studi Pustaka

Penentuan parameter, metode dan teori pendukung, dan teknik pengukuran yang diperoleh dari buku, ebook, paper, maupun data online di internet.

d. Diskusi

Dilakukan juga diskusi dengan partner peneliti yang berkompeten penelitiannya di bidang sensor mengenai pemecahan masalah atau solusi, kajian teori penunjang, pengukuran, implementasi perancangan dan perbaikannya.

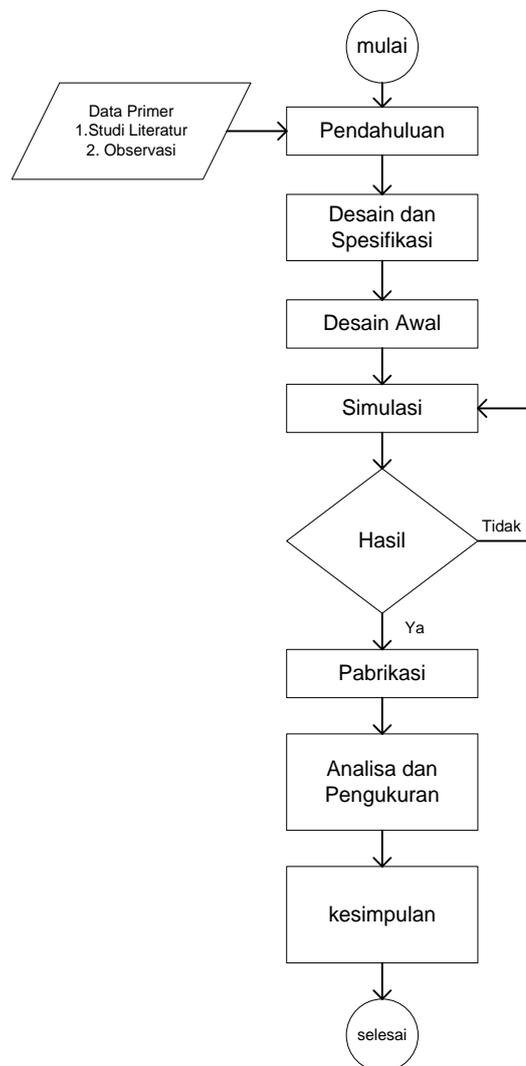
e. Perancangan

Selanjutnya tahap perancangan dengan mendesain blok diagram kontrol strain gauge dengan integrasi jembatan wheatstone, op-amp dan alat pengukuran tekuknya.

f. Tahap Pengukuran, analisa dan Kesimpulan

Tahap akhirnya adalah dilakukan pengukuran respon hambatan tiap strain gauge setelah di integrasikan dengan jembatan wheatstone dan op-amp. Analisa dan kesimpulan dilakukan melalui pengukuran sensitivitas, kualitas dan reliabilitas jaringan, serta unjuk kerja sistem secara keseluruhan.

Diagram alir metode penelitian ini



Gambar 2. Diagram alir penelitian

adalah secara berurut tertuang pada gambar 2 (dua) dibawah ini.

Pada Gambar 2 ditunjukkan diagram alir sistem yang menjelaskan metode penelitian tentang alur kerja kontrol sensor gerak yang akan di petakan di program mikrokontollernya. Sensor kendali membaca tekanan yang masuk ke setiap *strain gauge* sebagai perintah untuk kendali geraknya.

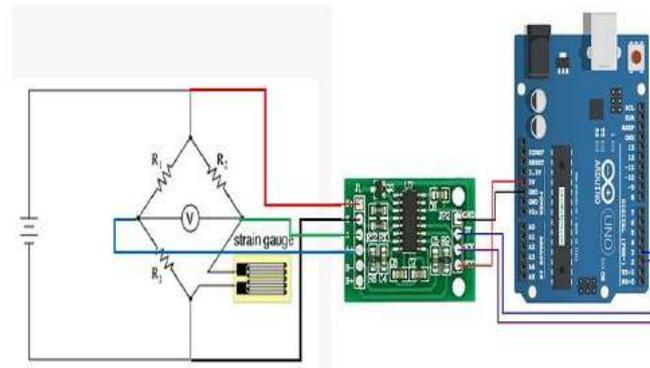
Diagram Blok Kontrol

Hasil nilai sensor sangat kecil sehingga diperlukan penguat yaitu modul op-amp HX711. Defenisi HX711 adalah modul timbangan dengan mengkonversi nilai perubahan yang terukur dari hambatan ke dalam besaran tegangan[7]. Kemudian diproses disesuaikan dengan pengelompokan motornya ke roda. Melalui perubahan hambatan pada setiap strain gauge pada saat tertekan menjadi acuan untuk membuat kendali gerak kursi roda.

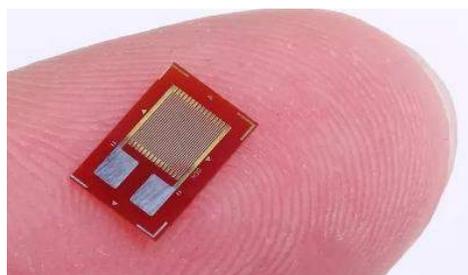
Perangkat keras yang terdapat pada Gambar 3 adalah strain gauge dengan formasi jembatan wheatstone. Diintegrasikan dengan Op-amp *strain gauge* HX711 sebagai penguat agar keluaran nilai hambatan yang dikeluarkan dapat terbaca di alat ukur. Hal ini karena hasil

keluaran hambatan dari strain gauge sangatlah kecil. Berikut penjelasan komponen perangkat keras yang digunakan, yaitu :

- 1) BF350 Pressure Sensor Timbangan Resistance *Strain Gauge* High Precision yang ditunjukkan pada Gambar 4 adalah komponen elektronika yang dipakai untuk mengukur tekanan (deformasi atau strain). Perubahan tahanan listrik yang terjadi akibat perbedaan tekanan dimasukkan ke dalam rangkaian Jembatan Wheatstone[8]. Sensor ini biasa digunakan di timbangan kecil / timbangan emas. Bisa sistem single cell (misal dengan op amp LM358) atau sistem Full Bridge dengan op-amp HX711. Untuk formasi full bridge di butuhkan minimal 4 (empat) buah.



Gambar 3. Blok diagram komponen kendali gerak strain gauge



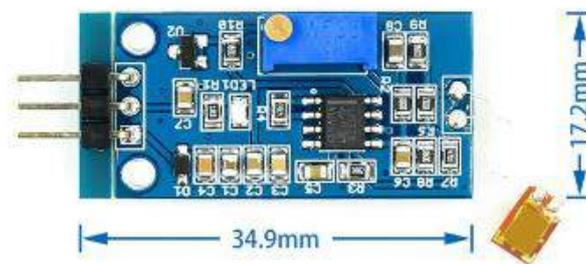
Gambar 4. *strain gauge* BF350

- 2) *Strain Gauge* Bending Sensor Module Y3 Weighing Amplifier Module VER 2 yang ditunjukkan pada Gambar 5 adalah modul driver untuk om-amp HX711.
- 3) HX711 Dual-Channel Weighing Sensor Dedicated AD Module AI99 yang ditunjukkan Gambar 6 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja

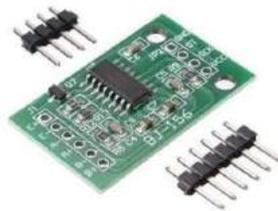
mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan.

Desain Diagram Skematik

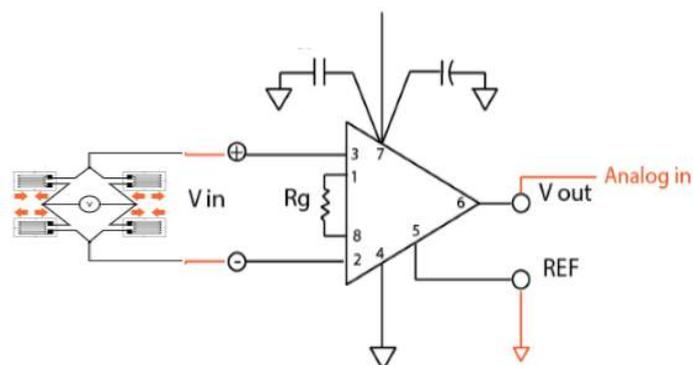
Perancangan merupakan rangkaian kegiatan untuk menciptakan prototype yang akan dirancang.



Gambar 5. modul driver strain gauge



Gambar 6. Op-amp *strain gauge* HX711



Gambar 7. Diagram skematik perancangan

Diagram skematik pada Gambar 7 diatas berisikan 4 (empat) buah strain gauge dalam formasi jembatan wheatstone yang di integrasikan dengan modul op-amp dan modul drivernya. Dalam pemakaian praktis, perubahan resistansi strain gauge jarang diukur, namun lebih kepada pengukuran efek perubahannya pada besaran fisik yang ingin diukur. Prinsip kerja pengukuran gaya seperti di atas dapat diukur dengan memakai jembatan Wheatstone[9]. Jika rangkaian jembatan Wheatstone diberi beban, maka nilai R pada rangkaian akan berubah tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial[10]. Kemudian dihubungkan dengan modul HX711. Prinsip kerja dari HX711 adalah mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Strain gauge memerlukan arus atau tegangan eksitasi dan rentan terhadap suhu drift, regangan, dan aksial regangan lentur, hal ini dapat memberikan pembacaan palsu jika tanpa menggunakan tambahan strain gauge resistif[11].

Tahap pengukuran strain gauge

Sesuai teori Sharon and William (1982) bahwa karakteristik sensor yang baik adalah yang memiliki sensitivitas, linearitas, respon time, dan kalibrasi yang sesuai referensi. Oleh karena itu, tahap paramater uji yang dilakukan adalah untuk mencari nilai

hambatan (R) di setiap *strain gauge* dalam 3 kali pengambilan data.

Tahap 1 : Pengambilan data nilai hambatan *strain gauge*.

Tahap 2 : Pengambilan data nilai sensitivitas *strain gauge*.

Masing-masing percobaan di lakukan sebanyak 100 x percobaan dengan perubahan indeks tekuk sebesar 0,01 mm

Tahap 3 : Pengukuran sensitifitas sensor dimaksudkan untuk mendapatkan nilai optimal dari sensing sensor terhadap obyek. Hasil sensitivitasnya apakah menunjukkan grafik linearitas atau tidak[12].

Tahap 4 : Pengambilan data nilai *respon time* setiap 1 detik terhadap voltase yang dihasilkan

Kesemua pengukuran di atas digunakan sebagai bahan analisa uji kelayakan bahwa dengan komponen sederhana dan terjangkau, teknologi ini bisa digunakan untuk teknologi serupa untuk kebutuhan otomasi kendali gerak kursi roda menggunakan strain gauge. Adapun skenario pengukurannya ialah melihat besaran voltase yang dihasilkan sesuai perubahan indeks tekuk yang di lakukan untuk memastikan bahwa telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Pengukuran Strain Gauge full bridge

Pengukuran strain gauge untuk ke empat parameter yang diuji seperti pada Gambar 8 adalah sebagai berikut:

Pada Gambar 9, kemudian diletakkan di pcb pengukuran yang terhubung ke jarum display hasil pengukuran dan alat uji tekuk

strain gauge.

Setelah mendapat respon tekuk di dapatkan dan nilainya yang kecil di berikan penguatan agar nilai yang muncul di layar pengukuran berupa jarum bisa bergerak dan terbaca nilainya (Gambar 10), sebagai berikut:



Gambar 8. Strain gauge dihubungkan dengan modul hx711 dengan prinsip jembatan wheatsone



Gambar 9. Input berubah respon tekuk yang diberikan pada strain gauge, kemudian diukur pada alat tekuk



Gambar 10. Hasil pengukuran terlihat pada jarum ukur di atas

Pada Gambar 8,9,dan 10 di atas terlihat proses pengukuran strain gauge dengan prinsip jembatan wheatstone, pengukuran yang di lakukan terhadap ke lima strain gauge untuk mendapatkan nilai respon pada 4 (empat) parameter yaitu nilai hambatan, sensitivitas, linearitas dan respon time rata-rata. Pengukuran sebanyak dilakukan 100 (seratus) kali, untuk mendapatkan rata-rata yang bisa dikatakan mewakili.

HASIL DAN PEMBAHASAN

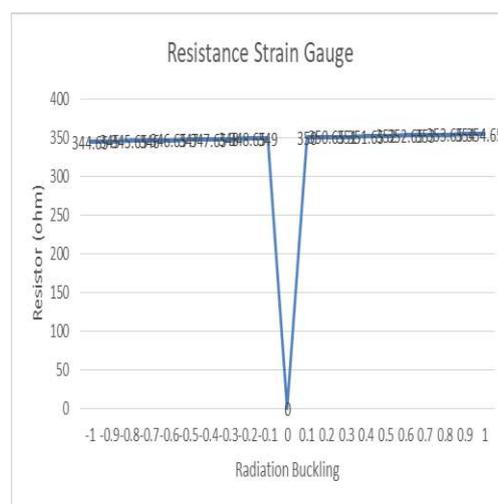
Pengukuran Hambatan Setiap Strain Gauge

Pengukuran perubahan hambatan yang dihasilkan sangat kecil. Oleh karena itu, untuk pengukuran strain sebuah jembatan wheatstone untuk mengkonversi perubahan impedansi menjadi perubahan tegangan, terutama untuk fraksi perubahan yang kecil. Keluarannya dapat dibuat berubah di sekitar

nol, sehingga penguatan dapat digunakan untuk memperbesar level sinyal (guna meningkatkan sensitivitas terhadap perubahan impedansi).

Hambatan yang terjadi berbanding lurus dengan regangan induksi beban. Gaya yang dihasilkan pada tahap uji menunjukkan fakta bahwasanya resistansi dari perubahan yang terjadi pada kawat logam strain gauge berfungsi untuk menunjukkan nilai tegangan apakah meningkat menurun dengan adanya gaya. Sehingga setiap strain gauge nya bisa di pisahkan berdasarkan hambatan yang menjadi ciri khas nya untuk membedakan nilai kendali kiri, kanan, atas, bawah dan rem (berhenti).

Dari grafik hasil pengukuran yang terlihat pada Gambar 11 di dapatkan nilai radius tekuk dari -1 (minus satu) sampai dengan 1 (positif satu) dengan dan nilai hambatan terukur dari 344.65 - 354.65 (ohm). Dari kelima strain gauge, di dapatkan hasil pengukuran hambatan rata –rata dengan sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik hasil pengukuran hambatan pada strain gauge

Tabel 1. Pengukuran hambatan berdasarkan radius tekuk

Radius Press	Resistor (Ohm)
-1	344.65
-0.8	345.65
-0.6	346.65
-0.4	347.65
-0.2	348.65
0	349.65
0.2	350.65
0.4	351.65
0.6	352.65
0.8	353.65
1	354.65

Berdasarkan hasil pengukuran di atas di dapatkan rata-rata hambatan dari 344,65 sampai 354,65 ohm yang selanjutnya dijadikan parameter penentuan gerak gaya yang di inginkan untuk kelima strain gauge.yang di ukur pada pemrograman kalibrasinya.

Pengukuran Sensitivitas

Penelitian tegangan dengan metode Strain gage dilakukan Asep Saefurrohman (2007) pada plat dimana sensitivitas tegangan tergantung letak beban, Erinofiardi (2007) . Menguji koefisien gesek material rem dengan strain gage serta Abdullah M (2010) menguji tegangan pada batang selindris menggunakan strain gage Rossette Delta[13].

Dengan teori pendukung diatas, pengukuran sensitivitas tegangan pada strain gauge menunjukkan posisi beban, oleh karena itu pengukuran selanjutnya adalah menguji sensitivitas tegangannya pada radius tekuk. Hasil pengukuran sensitivitas terhadap radius tekuk yang terlihat pada gambar 12 dibawah ini, yang menunjukkan bahwa semakin besar

radius tekuk atau input tekanan pada strain gauge juga semakin sensitif. Sehingga dari nilai-nilai yang di dihasilkan kita bisa menyimpulkan bahwa sesitivitasnya bekerja dengan tegangan sebesar 0.0612 - 0.0617 (volt). Dengan raduis tekuk sebesar -1 sampai dengan 1.

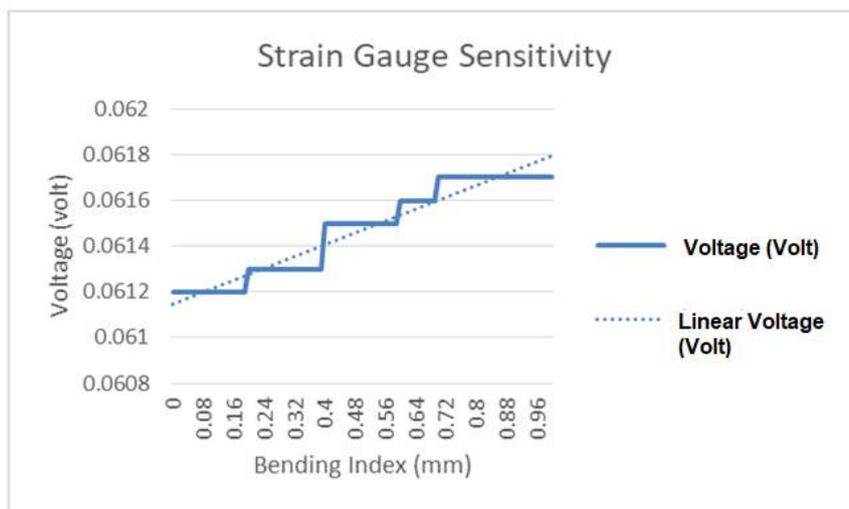
Grafik pada Gambar 12 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya voltase atau bertambahnya gaya tekan pada radius tekuk memberikan rekaman nilai tegangan keluaran jembatan Weatstone yang juga bertambah besar tingkat konfiden sebesar $R^2 = 0,9995$ hal ini berarti keyakinan terhadap persamaan tersebut sebesar 0,9995 % atau dengan kata lain tingkat kesalahan dari persamaan tersebut adalah hanya sebesar 0,05 % saja. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa tingkat sensitifitas pembacaan dari peralatan pengukuran tegangan terhadap radius tekuk strain gauge cukup besar yaitu sebesar 0,01 V/mm. Hal ini menunjukkan bahwa setiap radius tekuk 0,01 mm perubahan tegangan sebesar 0,0612 V. Apabila dari hasil

pengukuran diketahui tegangan keluaran sensor naik untuk setiap 0.001V/mm, maka sensor telah bekerja dengan baik[14].

Selanjutnya, data inilah yang akan dimasukkan ke dalam program sebagai kalibrasi untuk mengukur tegangan eksperimental dalam perancangan peralatan pengukur tegangan untuk menunjukkan bahwa tingkat sensitifitas strain gauge untuk setiap perubahan voltase keluaran jembatan Wheatstone sebesar.

Pada Tabel 2 di dapatkan hasil perubahan dari sentifitas tegangan dengan percobaan 1-20 dan indeks tekuk 0 – 0,9 mm

didapatkan besaran tegangans sebesar 0,0612 volt. Percobaan selanjutnya dengan indeks tekuk 0,2 – 0,39 mm dan besaran tegangan 0,0613 volt. Percobaan 41-60 dengan indeks tekuk sebesar 0,4 – 0,59 mm didapatkan tegangan sebesar 0,0615 volt. Percobaan 61-70 dengan indeks tekuk 0.6 – 0.69 mm besaran tegangan 0,0616 volt. Terakhir percobaan ke 71-100 dengan indeks tekuk 0,7-1 mm didapatkan besaran tegangan sebesar 0,0617 volt. Hasil sensitivitas pada percobaan di atas menunjukkan hasil yang cukup linier (bagus).



Gambar 12. Sensitivitas tegangan terhadap radius tekuk strain gauge

Tabel 2. Sensitivitas tegangan terhadap radius tekuk strain gauge

No	Indeks Tekuk	Tegangan (Volt)
1 – 20	0-0.19	0.0612
21 – 40	0.2-0.39	0.0613
41 – 60	0.4-0.59	0.0615
61 – 70	0.6-0.69	0.0616
71 - 100	0.7-0.1	0.0617

Pengukuran Linearitas

Sensitivitas menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur dengan “satu volt per derajat”, yang berarti perubahan indeks tekuk satu mm (milimeter) pada masukan akan menghasilkan perubahan beda potensial beberapa volt pada keluarannya. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan.

Linearitas dalam hal ini dimaksudkan hubungan antara besaran input yang dideteksi menghasilkan besaran output dengan hubungan berbanding lurus dan dapat digambarkan secara grafik membentuk garis lurus. Biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik. Oleh karena itu pada pengukuran ketiga yaitu linearitas. Didapatkan nilai sensitifitas antara indeks tekuk dan besaran voltase yang keluar dari strain gauge yang diberi beban.

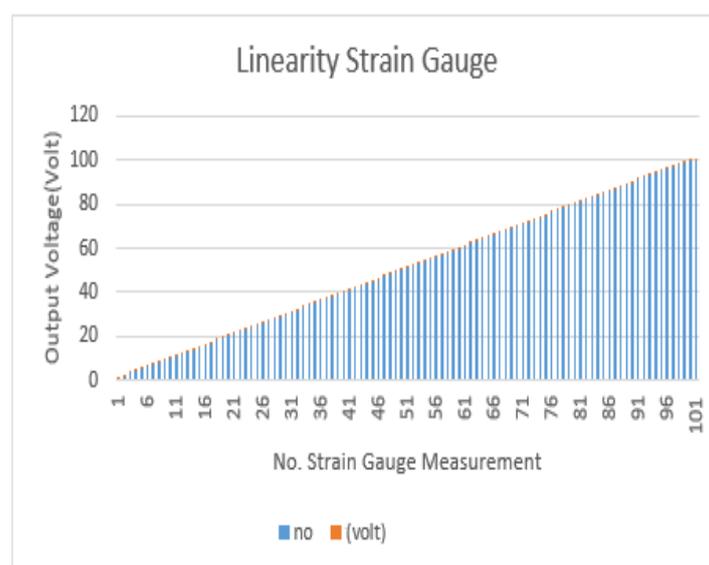
Pada Gambar 13 berikut ditunjukkan linearitas hasil pengukurannya.

Semakin linearitas respon strain gauge, maka penggunaannya tidak membutuhkan tenaga yang lebih besar untuk memberikan perintah kecepatan pada setiap strain gauge nya, apabila ingin mempercepat jalannya kendali roda.

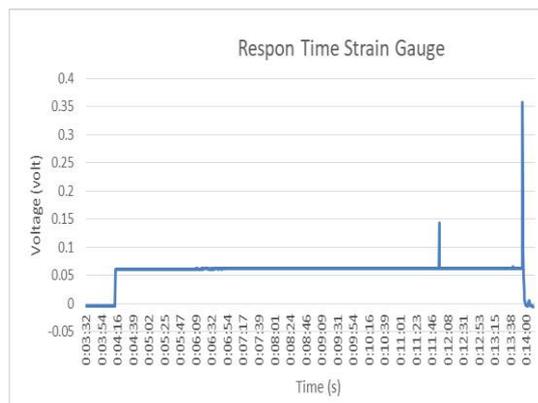
Pengukuran Respon Time

Persyaratan yang sering digunakan untuk menguji kelayakan system strain gage untuk aplikasi tertentu dimana konstanta kalibrasi strain gage harus stabil, artinya tidak berubah terhadap waktu dan faktor lingkungan lain. Ketelitian pengukuran voltase strain gage harus cukup cepat untuk bisa mengindera indeks tekuk dan voltase yang dibutuhkan. Sistem strain gage harus mudah dipasang dan dioperasikan.

Pada pengukuran parameter “respon time” strain gage dapat dilihat pad Gambar 14 di bawah ini:



Gambar 13. Sensitivitas tegangan terhadap radius tekuk strain gauge



Gambar 14. Grafik respon time tegangan terhadap radius tekuk strain gauge

Pengukuran pertama kali di lakukan pada jam 12:03:32 AM sampai dengan 12:14:10 AM dengan banyaknya percobaan sebanyak 1082 dengan perubahan waktu sebesar 1 detik, didapatkan rata-rata perubahan voltas dari -0.0054 sampai dengan 0.3574 volt. Karena data pengukuran begitu banyak, secara garis besar dapat kita lihat pada gambar 14 rata-rata respon time berada si 0.05 volt. Pada menit ke 11 (sebelas) dan 14 (empat belas) terdapat perbedaan nilai respon time yang signifikan dibandingkan yang lainnya, bisa di”ignore” sebagai kecacatan pada saat pengukuran. Jadi setiap 1 detik di set sebagai respon time minimum untuk mencapai nilai 0,05 volt.

Analisis

Sesuai dengan judul penelitian ini yaitu penggunaan strain gauge pada aplikasi pengendali kursi roda, maka percobaan hanya sampai pada nilai kalibrasi yang bisa disetting pada sistem pemrograman selanjutnya. Angka-angka hasil pengukuran yang selanjutnya diolah pada sistem mikrokontroler

untuk digunakan sebagai parameter kendali gerak roda pada kursi roda.

Strain gauge pada rangkaian Jembatan Wheatstone dikonversi menjadi tegangan namun karena tegangan yang dihasilkan sangatlah kecil (skala mili Volt) dibutuhkan rangkaian Penguat sehingga sensor strain gauge dapat menjadi actuator. Penguatan berkurang karena terkena pengaruh dari ketidak idealan op-amp. Perhitungan berbeda dengan hasil pengukuran disebabkan karena toleransi resistor dan perubahan nilai resistor karena pengaruh panas pada saat disolder. Untuk memperoleh tegangan output 5V maka diperlukan penguatan sebesar 877 kali. Kemudian untuk dilakukan uji parameter yaitu besaran hambatan, sensitivitas, linearitas dan respon time pengaruh beban atau indeks tekuk terhadap keluanran voltasenya. Dengan indeks tekuk dari -1 (minus satu) sampai dengan 1 (positif satu) dengan perubahan sebesar 0,01 mm.

Pada pengukuran pertama didapatkan hasil nilai hambatan terukur dari 344.65 - 354.65 (ohm). Hal ini berarti hambatan

minimum sebesar dari 344.65 ohm dan maksimum 354.65 ohm berbanding lurus dengan regangan induksi beban gaya. Gaya yang dihasilkan berfungsi untuk menunjukkan nilai tegangannya yang bisa di pisahkan atau di kuantisasi untuk membedakan nilai kendali kiri, kanan, atas, bawah dan rem (berhenti) pada syntax pemrograman di mikro-kontrolernya.

Selanjutnya pengukuran sensitivitas yang bertujuan untuk menunjukan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur, semakin tinggi sensitivitas maka semakin bagus kepekaannya terhadap respon beban/gayanya yang di berikan oleh pengguna. Hasil pengukuran sensitivitas terhadap radius tekuk yang terlihat pada gambar 12 diatas menunjukkan bahwa semakin besar radius tekuk atau input tekanan pada strain gauge juga semakin sensitif. Besar sensitivitas rata-rata pada strain gauge yaitu pada tegangan 0.0612 - 0.0617 (volt). Hasilnya bagus sesuai dengan yang diharapkan. Pengukuran sensitivitas ini dilakukan dengan perubahan indeks tekuk sebesar 0,01 mm sebanyak 100 (seratus) kali percobaan.

Linearitas adalah hubungan antara besaran input yang dideteksi menghasilkan besaran output dengan hubungan berbanding lurus dan dapat digambarkan secara grafik membentuk garis lurus. Besar sensitivitas rata-rata pada strain gauge yaitu pada tegangan 0.0612 - 0.0617 (volt) pada indeks tekuk sebesar -1 sampai dengan 1 dengan perubahan indeks tekuk sebesar 0,01

sebanyak 100 (seratus) kali percobaan di dapatkan grafik yang linear.

Tanggapan waktu (respon time) pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Pada percobaan keempat dilakukan pengukuran respon time dan keluaran voltasenya. Pada jam 12:03:32 AM sampai dengan 12:14:10 AM dengan banyaknya percobaan sebanyak 1082 dengan perubahan waktu sebesar 1 detik, didapatkan rata-rata perubahan voltase dari -0.0054 sampai dengan 0.3574 volt. Secara garis besar dapat kita lihat pada gambar 14 rata-rata respon time berada si 0.05 volt. Pada menit ke 11 (sebelas) dan 14 (empat belas) terdapat perbedaan nilai respon time yang signifikan dibandingkan yang lainnya, bisa di"ignore" sebagai kecacatan pada saat pengukuran. Jadi setiap 1 detik di set sebagai respon time minimum untuk mencapai nilai 0,05 volt. Analisa sementara, hasil pengukuran keempat paramater, cukup memberikan nilai yang bagus untuk di persiapkan selanjutnya dalam pemrograman kontrol kendali kursi roda.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengukuran indeks tekuk dari -1 (minus satu) sampai dengan 1 (positif satu) dengan perubahan sebesar 0,01 dengan percobaan sebanyak 100 (seratus) kali percobaan didapatkan kesimpulan nilai hambatan rata – rata rentang 344.65 - 354.65 (ohm), Sensitivitas tegangan sebesar 0.0612 -

0.0617 (volt). Nilai sensitivitas tegangan terhadap indek tekuk dengan grafik yang linear. Dengan nilai linear menunjukkan bahwa strain gauge yang di gunakan sudah cukup memberikan hasil yang bagus, sehingga tidak macet saat digunakan. Nilai respon time tiap 1 (satu) detik didapatkan rata-rata perubahan voltase dari -0.0054 sampai dengan 0.3574 volt.

Berdasarkan hasil pengukuran strain gauge pada percobaan yang telah di lakukan diatas, dapat disimpulkan bahwa prototype yang telah dirancang dapat diaplikasikan dan memberik nilai yang baik dalam rentang referensi ideal sensor. Selanjutnya dipetakan dalam program mikrokontoller (perangkat lunak) yang akan dikonversi ke fungsi arah kontrol kursi roda dielektrik sebagai aplikasi kontrol jari pada pengguna kursi roda itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ayundyahrini, F. Fahma, W. Soetopo, and E. Pujiyanto, “Analisis Kebutuhan Teknis Stakeholder Pada Produk Kursi Roda Manual Menggunakan Zachman Framework,” 2018, doi: 10.23917/jiti.v18i1.7771.
- [2] F. A. Rahman, J. R. Simanjuntak, dan E. Simanjuntak, “Sistem Otomatisasi Pengisian Beras dan Air pada Penanak Nasi Berbasis Internet of Things,” J. EECCIS, vol. 14, no. 2, hal. 68–72, 2020.
- [3] M. H. Iqbal, A. Aydin, O. Brunckhorst, P. Dasgupta, and K. Ahmed, “A review of wearable technology in medicine,” vol. 109, no. 10, pp. 372–380, 2016, doi: 10.1177/0141076816663560.
- [4] S. Naresh, R. Arunkumar, I. Suriya, and T. Vinodh, “Design Of Powered Wheelchair For A Differently Abled Person,” Proceeding of International Conference on Systems Computation Automation and Networking 2019 IEEE Int. Conf. Syst. Comput. Autom. Netw., pp. 1–13, 2019.
- [5] U. Mohammad, “Design of a Low cost DIY moving wheelchair using ATmega1284P based on Retina movement for the Persons disabled with Quadrip,” pp. 3–6, 2015.
- [6] R. Akmeliawati, F. S. B. Tis, and U. J. Wani, “Design and Development of a Hand-glove Controlled Wheel Chair,” no. May, pp. 17–19, 2011.
- [7] P. M. N. Manege, E. K. Allo, dan J. T. Elektro-ft, “Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Kapasitas 20Kg Berbasis Microcontroller,” vol. 6, no. 1, hal. 57–62, 2017.
- [8] R. H. Hendaryati, T. Sewoyo, dan A. Malik, “Design of Stress Measurement System using Arduino

- Uno Microcontroller,” hal. 9–10, 2019.
- [9] D. N. Bagenda, “Timbangan menggunakan Strain Gauge Rangkaian Full Bridge dengan IC HX711,” *J. Komput. BISNIS - LPKIA*, vol. 11, no. 1, hal. 1–7, 2018.
- [10] J. R. Ferry Oliver Sinaga, Khairul Amdani, “EINSTEIN (e-Journal),” *EINSTEIN (e-Journal)*, hal. 15–21, 2019.
- [11] R. Syam, *Dasar Dasar Teknik Sensor*. Makassar: Fakultas Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, 2013.
- [12] A. Saputra, A. Wahyu, and F. Rahman, “Sistem Koreksi Otomatis Pada Mesin Packaging Dengan *Pengendali Plc*”, ISSN : 2086 - 9479 *Jurnal Teknologi Elektro* , Universitas Mercu Buana,” vol. 8, no. 1, pp. 54–57, 2017.
- [13] J. T. Mesin, F. Teknik, and U. Tadulako, “Penggunaan Strain Ga Ge (Load Cell) Untuk Analisa,” vol. 2, no. 1, pp. 138–146, 2011.
- [14] Gunardhi,Y. “Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu ISSN : 2086 - 9479 “Perancangan Kontrol Otomatis Temperatur Rumah Kaca Berbasis Mikrokontroller At89s51,” vol. 4, no. 3, pp. 122–130, 2013.