



TEKNOLOGI dan rekayasa

APLIKASI SIMULASI EVAKUASI GEMPA DAN KEBAKARAN DENGAN TEKNIK VIRTUAL REALITY BERBASIS ANDROID	155
Alfan Fadhila, Dewi Putrie Lestari	
PUSH BUTTON SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS IOT	166
Ilham Tejana Putra, Wahyu Kusuma Raharja, Mochamad Karjadi	
PENANGANAN TOLERANSI KESALAHAN (FAULT TOLERANCE) PADA SISTEM PEMBAYARAN ELEKTRONIS DALAM LINGKUP SISTEM TERDISTRIBUSI	177
Sunny Arief Sudiro, Abdul Hakim	
IDENTIFIKASI TELUR RETAK MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BERDASARKAN TEKSTUR TELUR	183
Kelvin Bun, Hurnaningsih	
KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PRODUK IRON TIPE HD-1172 MENGGUNAKAN METODE HEURISTIK PADA LINE MAIN ASSY IRON DI PT. SELARAS CITRA NUSANTARA PERKASA	193
Muhamad Andi, Syarifuddin Nasution	
PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK CV. VIO BURGER DENGAN MENGGUNAKAN MODEL SUPPLY CHAIN OPERATION REFERENCE (SCOR) DAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)	206
Agustini Nurhandayani, Asep Mohamad Noor	
PENGUJIAN WAHANA UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) AMPHI-FLY EVO 1.0 UNTUK MISI Pencarian dan Penyelamatan	220
Mustafa Dwi Prasetyo, Mohamad Yamin	

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 3, VOLUME 23, DESEMBER 2018

DAFTAR ISI

APLIKASI SIMULASI EVAKUASI GEMPA DAN KEBAKARAN DENGAN TEKNIK <i>VIRTUAL REALITY</i> BERBASIS ANDROID Alfan Fadhila Arrahman, Dewi Putrie Lestari	155
<i>PUSH BUTTON</i> SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS IOT Ilham Tejana Putra, Wahyu Kusuma Raharja, Mochamad Karjadi	166
PENANGANAN TOLERANSI KESALAHAN (<i>FAULT TOLERANCE</i>) PADA SISTEM PEMBAYARAN ELEKTRONIS DALAM LINGKUP SISTEM TERDISTRIBUSI Sunny Arief Sudiro, Abdul Hakim	177
IDENTIFIKASI TELUR RETAK MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BERDASARKAN TEKSTUR TELUR Kelvin Bun, Hurnaningsih	183
KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PRODUK <i>IRON TIPE</i> HD-1172 MENGGUNAKAN METODE HEURISTIK PADA <i>LINE MAIN ASSY IRON</i> DI PT. SELARAS CITRA NUSANTARA PERKASA Muhamad Andi, Syarifuddin Nasution	193
PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK CV. VIO BURGER DENGAN MENGGUNAKAN MODEL <i>SUPPLY CHAIN OPERATION REFERENCE</i> (SCOR) DAN METODE <i>ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS</i> (AHP) Agustini Nurhandayani, Asep Mohamad Noor	206
PENGUJIAN WAHANA <i>UNMANNED AERIAL VEHICLE</i> (UAV) AMPHI-FLY EVO 1.0 UNTUK MISI Pencarian dan Penyelamatan Mustafa Dwi Prasetyo, Mohamad Yamin	220

APLIKASI SIMULASI EVAKUASI GEMPA DAN KEBAKARAN DENGAN TEKNIK *VIRTUAL REALITY* BERBASIS ANDROID

¹Alfan Fadhila Arrahman, ²Dewi Putrie Lestari

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma, ²Pusat Studi Komputasi Matematika Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
¹alfanfadhila1801@gmail.com, ²dewi_putrie@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Gempa dan kebakaran yang terjadi di dalam gedung merupakan gangguan serius dan dapat menyebabkan banyak korban jiwa jika tidak mengetahui metode penyelamatan diri. Salah satu cara memberikan informasi penyelamatan diri yang menarik yaitu melalui simulasi Virtual Reality (VR). Pada penelitian ini dibuat aplikasi simulasi evakuasi gempa dan kebakaran dengan teknik Virtual Reality berbasis Android dengan nama aplikasi virtual reality RITB (*Recsue in The Building*). Aplikasi RITB dibuat menggunakan Unity 2017.4.3f1 dan algoritma Collision Detection yang melakukan pendeteksian tabrakan antar objek, sehingga objek dapat bereaksi dan tidak hanya menembus satu sama lain. Simulasi 3D berbasis VR yang dihasilkan memberikan kesan immersion atau pengguna dapat merasakan ada di sebuah lingkungan nyata meskipun sesungguhnya fiktif. Aplikasi virtual reality RITB hanya bisa dijalankan pada ponsel Android yang memiliki sensor Gyroscope dan teknologi Bluetooth. Selain itu, aplikasi virtual reality RITB hanya dapat dinikmati dengan menggunakan VR headset dan bluetooth controller. Berdasarkan uji coba aplikasi menggunakan metode blackbox testing diperoleh hasil bahwa semua fungsi pada button berjalan sesuai dengan rancangan aplikasi. Spesifikasi minimum untuk menjalankan aplikasi virtual reality RITB adalah smartphone yang memiliki OS Android v4.4 Kitkat dan mempunyai RAM minimal 2 GB. Semakin tinggi spesifikasi smartphone yang digunakan semakin baik performa aplikasi yang dihasilkan.

Kata Kunci: Android, collision detection, immersion, simulasi evakuasi gedung, unity, virtual reality

Abstract

Earthquakes and fires that occur inside the building are a serious disruption to the community and can cause many fatalities if they do not know the method of self-rescue. One way to provide interesting self-rescue information that is through Virtual Reality (VR) simulation. Therefore, in this research was made application of earthquake and fire evacuation simulation with virtual reality technique based on Android with the name RITB (*Rescue in The Building*) virtual reality application. The RITB virtual reality application is made using Unity 2017.4.3f1 and with the Collision Detection algorithm that detects collisions between objects, so objects can react and not only penetrate each other. The resulting VR-based 3D simulation gives the impression Immersion or the user can feel there is a real environment that is fictitious. RITB virtual reality application can only be run on Android phones that have Gyroscope sensors and Bluetooth technology. In addition, the RITB application can only be enjoyed using the VR headset and Bluetooth controller. Based on application testing using the blackbox testing method, the results show that all functions on the button run according to the application design. The minimum specifications for running RITB virtual reality application are smartphone that have Android OS v4.4 Kitkat and have a minimum of 2 GB of RAM. The higher the specifications of the smartphone used, the better the performance of the application produced.

Keywords: Android, building evacuation simulation, collision detection, immersion, unity, virtual reality

PENDAHULUAN

Pada berbagai negara termasuk Indonesia terdapat banyak bangunan gedung bertingkat, bahkan sering disebut dengan “Gedung Pencakar Langit”. Di Indonesia sendiri, bangunan gedung bertingkat digunakan sebagai gedung perkantoran, hotel, apartemen, dan lainnya. Perkembangan teknologi mendukung gedung bertingkat dilengkapi dengan sistem keamanan serta keselamatan yang canggih dan *modern*. Sistem ini dapat berupa instalasi pemasangan CCTV, *hydrant*, tabung pemadam api, *smoke detector*, *exthinguiser*, *cencor detector gate*, *door emergency*, dan lain-lain. Walaupun setiap gedung dilengkapi dengan sistem keamanan dan keselamatan yang canggih, banyak yang tidak mengetahui tindakan apa yang harus dilakukan ketika dalam keadaan darurat yang terjadi di dalam suatu gedung. Seperti halnya dalam keadaan gempa ataupun kebakaran di dalam gedung, banyak orang memilih tindakan yang salah dan pada akhirnya membahayakan diri sendiri. Oleh karena itu, masyarakat harus diberi wawasan dan informasi bagaimana cara yang tepat menyelamatkan diri dari dalam gedung saat keadaan darurat seperti gempa dan kebakaran.

Salah satu cara untuk memberikan informasi mengenai bagaimana penyelamatan diri yang tepat yaitu melalui simulasi evakuasi bencana. Simulasi adalah suatu cara menduplikasi/menggambarkan ciri, tampilan dan karakteristik dari suatu sistem nyata [1]. Simulasi awalnya digunakan untuk meniru

situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya dan akhirnya membuat kesimpulan serta membuat keputusan berdasarkan hasil dari simulasi. Teknik simulasi adalah teknik untuk merepresentasikan atau meniru kondisi real suatu sistem nyata dalam bentuk bilangan dan simbol dengan memanfaatkan program komputer [2]. Sementara itu evakuasi adalah suatu tindakan untuk membuat orang-orang menjauh dari ancaman atau kejadian yang sangat berbahaya [3]. Contohnya seperti evakuasi kebakaran, gempa, banjir, dan bencana lainnya.

Simulasi evakuasi bencana biasanya terbatas pada video, sehingga pengguna belum bisa merasakan penyelamatan diri saat terjadi bencana secara lebih nyata. Berdasarkan permasalahan tersebut, dapat dibuat sebuah simulasi evakuasi bencana menggunakan teknologi yang sedang *trend* saat ini, yaitu *virtual reality*. *Virtual reality* adalah sebuah teknologi yang membuat pengguna atau *user* dapat berinteraksi dengan lingkungan yang ada dalam dunia maya yang disimulasikan oleh komputer, sehingga pengguna merasa berada di dalam lingkungan tersebut [4]. Komputer membantu simulasi terhadap suatu objek nyata dengan membangkitkan suasana tiga dimensi (3-D) sehingga membuat pemakai seolah-olah terlibat secara fisik [5]. Oleh karena itu, saat pengguna menggunakan teknologi *virtual reality* pada simulasi evakuasi, pengguna dapat merasakan secara langsung bagaimana keadaan disaat terjadi keadaan darurat seperti gempa dan kebakaran di dalam gedung.

Idwar menghasilkan sebuah *game* 3D simulasi penanggulangan dan evakuasi kebakaran di Politeknik Negeri Batam yang berjalan pada *platform mobile* Android [6]. Pada *game* ini pengguna (*user*) diberi 6 simulasi, dimana pada masing-masing simulasi terdapat *scene* yang berbeda-beda. Pengguna dapat melihat informasi darah yang tersisa dimana jika pengguna terkena api, maka darah akan berkurang. Pengguna juga dapat menggunakan APAR yang mengeluarkan busa untuk memadamkan api. Fitur lainnya yaitu pengguna dapat melihat waktu yang tersisa saat melakukan simulasi.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Wenno, Sentinuwo, dan Sambul menghasilkan sebuah aplikasi pemodelan dan simulasi *pedestrian* untuk evakuasi bencana pada kawasan *boulevard* Manado menggunakan model *cellular automata* [7]. Pada aplikasi ini *user* perlu memasukkan jumlah *pedestrian* yang akan dibagi beberapa area *pedestrian* menjadi sebuah objek menggunakan teknik *array*, dimana 1 objek mewakili 10 *pedestrian*. Pada menu utama aplikasi ditampilkan peta Kota Manado yang dibagi menjadi wilayah dengan area yang diarsir berwarna putih dan wilayah dengan area yang diarsir berwarna merah. Pada wilayah yang diarsir berwarna putih merupakan area dengan resiko tsunami, sedangkan wilayah yang diarsir berwarna merah merupakan area yang dituju pejalan kaki dalam evakuasi bencana. Selain itu, pada aplikasi ini terdapat juga titik hitam yang digunakan pengguna sebagai jalur yang

diambil pejalan kaki untuk menuju ke titik evakuasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Adhitya menghasilkan sebuah aplikasi multimedia cara penanggulangan bencana untuk anak-anak [8]. Pada aplikasi ini terdapat 4 pilihan menu dari berbagai bencana yaitu gempa, banjir, kebakaran, dan tanah longsor. Aplikasi ini juga memberikan pengenalan mengenai bencana tersebut seperti bagaimana cara mencegahnya, apa yang menyebabkan bencana tersebut, tindakan apa saja yang harus dilakukan, serta melakukan simulasi dari bencana tersebut.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dalam penelitian ini dibuat sebuah aplikasi simulasi evakuasi gempa dan kebakaran menggunakan teknik *virtual reality* berbasis Android. Aplikasi ini dinamakan dengan aplikasi *virtual reality* RITB (*Recsue in The Building*). Aplikasi *virtual reality* RITB dibuat menggunakan Unity 2017.4.3f1 dengan algoritma *Collision Detection* yang melakukan pendeteksian tabrakan antar objek, sehingga objek dapat bereaksi dan tidak menembus satu sama lain. Simulasi 3D berbasis VR yang dihasilkan memberikan kesan *immersion* atau pengguna dapat merasakan ada di sebuah lingkungan nyata yang padahal fiktif. Aplikasi *virtual reality* RITB ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam melakukan evakuasi disaat terjadi bencana di dalam gedung dengan memvisualisasikan simulasi 3D evakuasi gempa dan kebakaran secara lebih nyata secara lebih nyata.

METODE PENELITIAN

Pembuatan aplikasi *virtual reality* RITB menggunakan metodologi pendekatan *Multimedia Developmet Life Cycle*. Metodologi MDLC terdiri dari 6 tahap yang terstruktur yaitu tahap *concept* (konsep), tahap *design*

(perancangan), tahap *material collecting* (pengumpulan materi), tahap *assembly* (pembuatan), tahap *testing* (uji coba), dan tahap *distribution* (distribusi). Alur Metode MDLC pembuatan aplikasi *virtual reality* RITB dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode MDLC Pembuatan Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Konsep Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Tahap ini merupakan tahap untuk membuat konsep aplikasi, serta penjelasan

aturan-aturan yang terdapat pada simulasi berbasis VR. Konsep aplikasi *Virtual Reality* RITB dapat dilihat pada Tabel 1.

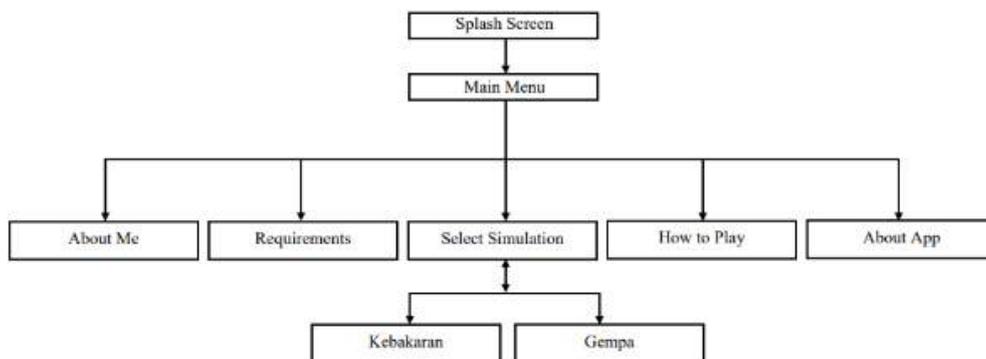
Tabel 1. Konsep Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Judul	<i>Virtual Reality</i> RITB (<i>Rescue in The Building</i>)
Tujuan	Membuat aplikasi <i>virtual reality</i> untuk mensimulasikan bagaimana cara evakuasi diri saat terjadi gempa ataupun kebakaran di dalam Gedung berbasis android lewat simulasi 3D yang lebih sederhana dan menarik.
Pengguna Akhir	Masyarakat umum
Objek Virtual	Konten Multimedia : - Foto - Simulasi 360° - Teks – Suara – Animasi
Input	<i>Joystick Controller</i>
Output	Simulasi 360°

Perancangan Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Perancangan aplikasi diawali dengan penjelasan struktur navigasi. Alur tampilan

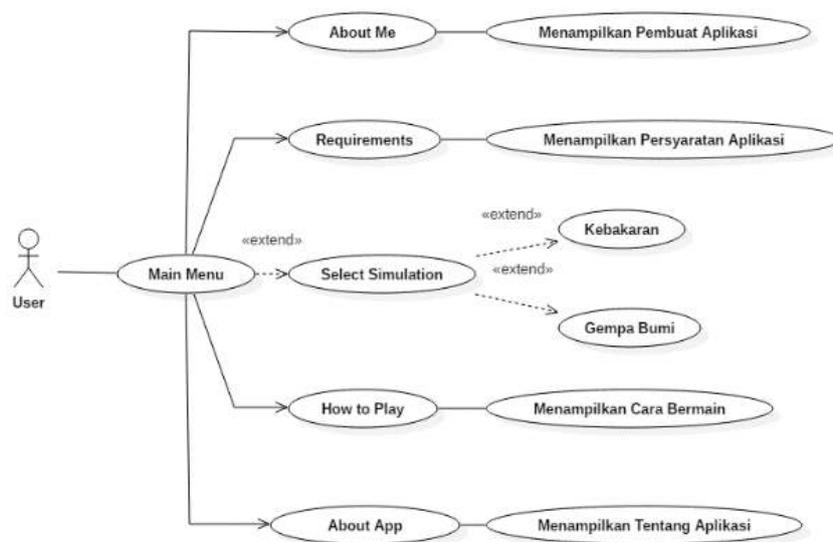
aplikasi RITB struktur navigasi hierarki yang dapat dilihat pada Gambar 2.



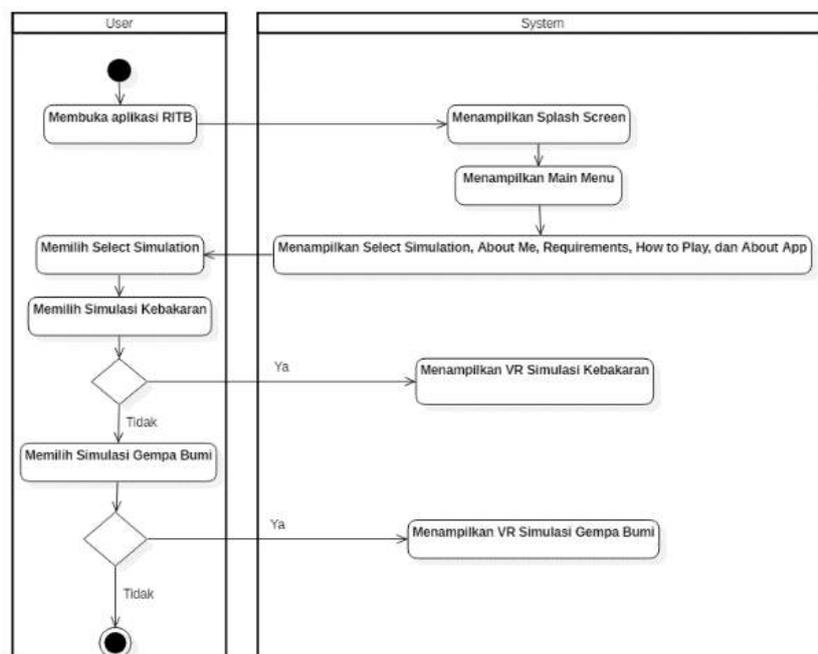
Gambar 2. Struktur Navigasi Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Perancangan sistem aplikasi *virtual reality* RITB dijelaskan dengan menggunakan *use case diagram* dan *activity diagram*. *Use case diagram* bertujuan untuk menggambarkan tentang interaksi yang terjadi antara *user* dan aplikasi *virtual reality* RITB. *Activity diagram* digunakan untuk mengetahui alur

aktivitas antara *user* dengan *system* dari aplikasi yang dibuat, bagaimana aplikasi tersebut dimulai dan diakhiri. *Use case diagram* dari aplikasi *virtual reality* RITB dapat dilihat pada Gambar 3. Alur aktivitas pada aplikasi *virtual reality* RITB dapat dilihat pada Gambar 4.



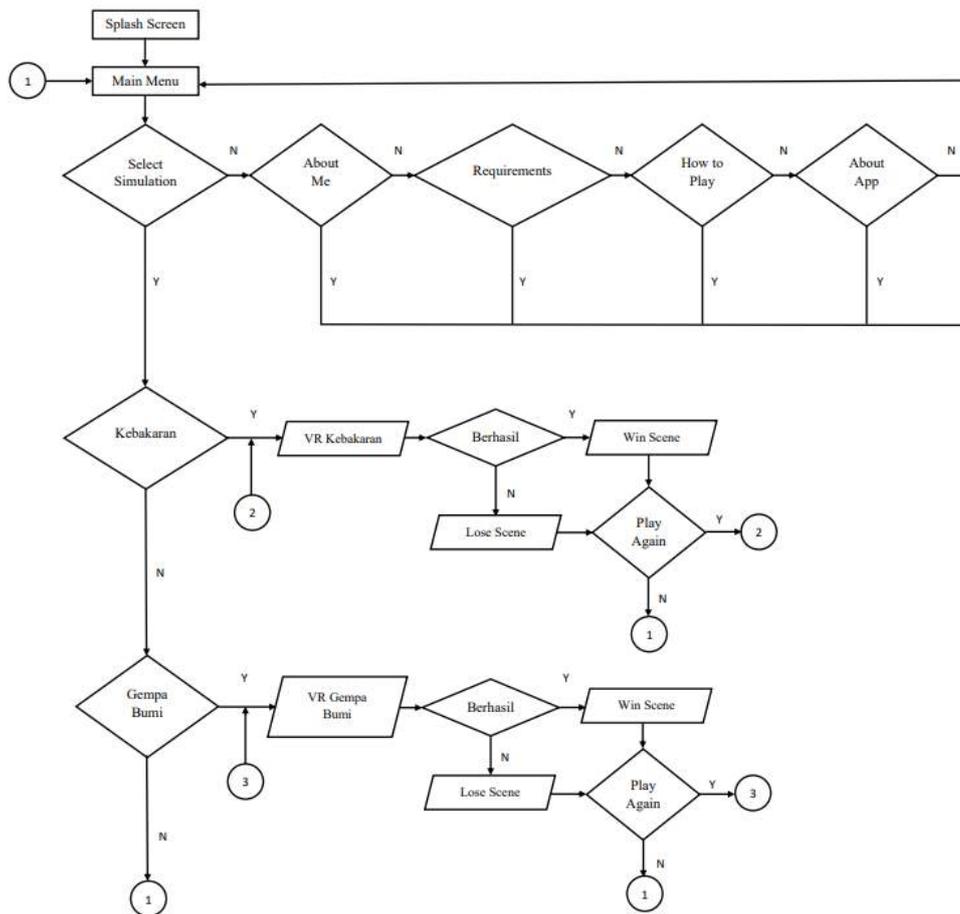
Gambar 3. *Use Case Diagram* Aplikasi *Virtual Reality* RITB



Gambar 4. *Activity Diagram* Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Pada perancangan aplikasi *virtual reality* RITB untuk memperlihatkan urutan dan hubungan antar proses beserta instruksinya

dalam penelitian ini menggunakan *flowchart*. *Flowchart* aplikasi *virtual reality* RITB dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Flowchart* Aplikasi *Virtual Reality* RITB

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Materi Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Materi-materi yang dibutuhkan aplikasi *virtual reality* RITB pada penelitian ini adalah objek 3D dan audio untuk *background* dan *sound effect*. Objek gambar yang dikumpulkan menjadi bahan dasar dalam tahap *texturing*, objek 3D digunakan dalam pembuatan area simulasi. Objek audio diterapkan dalam

program untuk menciptakan *sound effect* dari setiap simulasi dan latar suara untuk menu utama.

Objek 3D diperlukan dalam tahap pembuatan aplikasi *virtual reality* RITB. Objek 3D digunakan dalam pembuatan area/latar setiap simulasi. Objek 3D yang dikumpulkan terdiri dari gedung perkantoran, rumah, taman, apartemen, hotel, dan lain-lain. Materi objek 3D yang dikumpulkan pada penelitian ini berekstensi *fbx*.

Materi audio diperlukan untuk backsound dan *sound effect* pada aplikasi *virtual reality* RITB. Audio dapat memberikan kesan *immersive* yang baik, karena selain menyajikan gambar untuk indera penglihatan, audio dapat melengkapi aplikasi simulasi *virtual reality* dengan menyajikan kesan untuk indera pendengaran. Materi audio yang dikumpulkan pada penelitian ini berekstensi mp3 dan wav.

Pembuatan Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Pembuatan aplikasi *virtual reality* RITB terdiri dari beberapa tahap, antara lain tahap pembuatan *interface* menu utama, tahap *import* objek gedung, tahap pembuatan *scene* kebakaran dan gempa, pembuatan *collider*, *splash screen*, tahap pembuatan *win* dan *lose scene*. Semua tahap pembuatan dilakukan dengan menggunakan *software* Unity 2017.4.3f1.

Pembuatan *interface* menu utama merupakan langkah awal dari proses pembuatan aplikasi VR. Pada aplikasi aplikasi *virtual*

reality RITB, *project* yang diperlukan adalah berbasis tiga dimensi dan *assets packages* yang diperlukan adalah *cameras*, *characters* dan *environment*. Setelah itu dibutuhkan beberapa *software* pendukung yaitu JDK 64bit, Android SDK Manager, Unity, Mono develop (*Text Editor*), Google VR SDK, dan Inkscape.

Pada tahap *import* objek gedung, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan seperti, *import* objek jalan raya dan *import* objek gedung. Pada tahap pembuatan *scene* kebakaran dan gempa, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan seperti, membuat *scene* kebakaran dan gempa, *import* objek 3D, *import* audio, menambahkan script, dan yang lainnya. Kemudian semua objek yang telah di-*import* membutuhkan komponen yang membuat objek tersebut tidak dapat menembus objek yang lain dengan melakukan penambahan komponen *mesh collider*. Hasil tampilan aplikasi *virtual reality* RITB dapat dilihat pada Gambar 6.



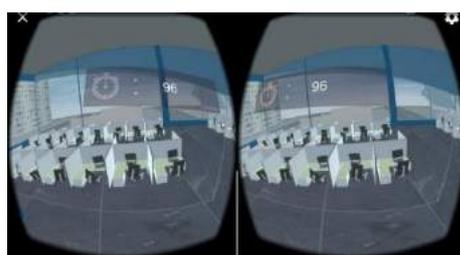
(a)



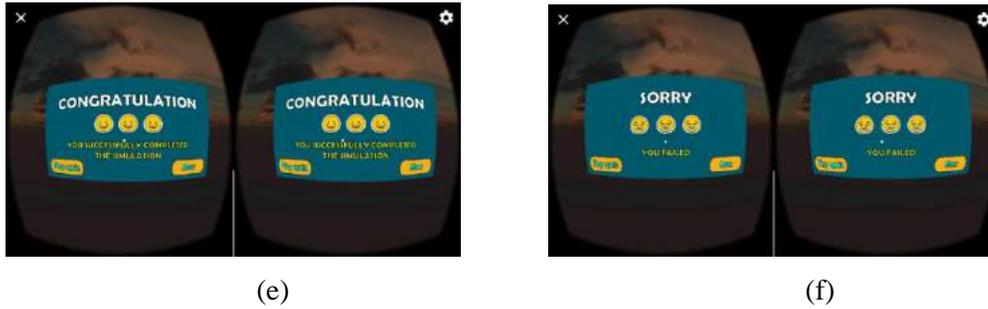
(b)



(c)



(d)



Gambar 6. Tampilan Aplikasi *Virtual Reality* RITB (a) *Splash Screen* (b) Menu Utama (c) Simulasi Kebakaran (d) Simulasi Gempa Bumi (e) *Win Scene* (f) *Lose Scene*

Uji Coba Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Uji coba aplikasi *virtual reality* RITB dalam penelitian ini menggunakan metode *blackbox testing* yang dilakukan menggunakan sebuah ponsel android. *Blackbox testing* merupakan pengujian yang berfokus pada pengetesan spesifikasi fungsional dari aplikasi. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan

menemukan kesalahan pada aplikasi yang telah selesai dikembangkan seperti kesalahan *interface*, kesalahan fungsi-fungsi yang diterapkan, kesalahan dalam struktur data atau akses *database*, dan kesalahan performa. Hasil uji coba aplikasi *virtual reality* RITB menggunakan metode *blackbox testing* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Coba Aplikasi *Virtual Reality* RITB Menggunakan *Blackbox Testing*

No.	Fungsi	Input	Harapan	Output	Hasil
1	<i>Splash Screen</i>		Menampilkan <i>layout</i> logo aplikasi	<i>layout</i> logo aplikasi	sukses
2	Menu Utama		Menampilkan <i>layout</i> menu utama	<i>layout</i> menu utama	sukses
3	Simulasi Gempa	Mengarahkan <i>pointer</i> pada <i>button</i> gempa	Menampilkan <i>layout</i> simulasi gempa	<i>layout</i> simulasi gempa	sukses
4	Simulasi Kebakaran	Mengarahkan <i>pointer</i> pada <i>button</i> kebakaran	Menampilkan <i>layout</i> simulasi kebakaran	<i>layout</i> simulasi kebakaran	sukses
5	<i>Win Scene</i>	Menyelesaikan simulasi	Menampilkan <i>layout</i> <i>win</i>	<i>layout</i> <i>win</i>	sukses
6	<i>Lose Scene</i>	Tidak dapat menyelesaikan simulasi	Menampilkan <i>layout</i> <i>lose</i>	<i>layout</i> <i>lose</i>	sukses

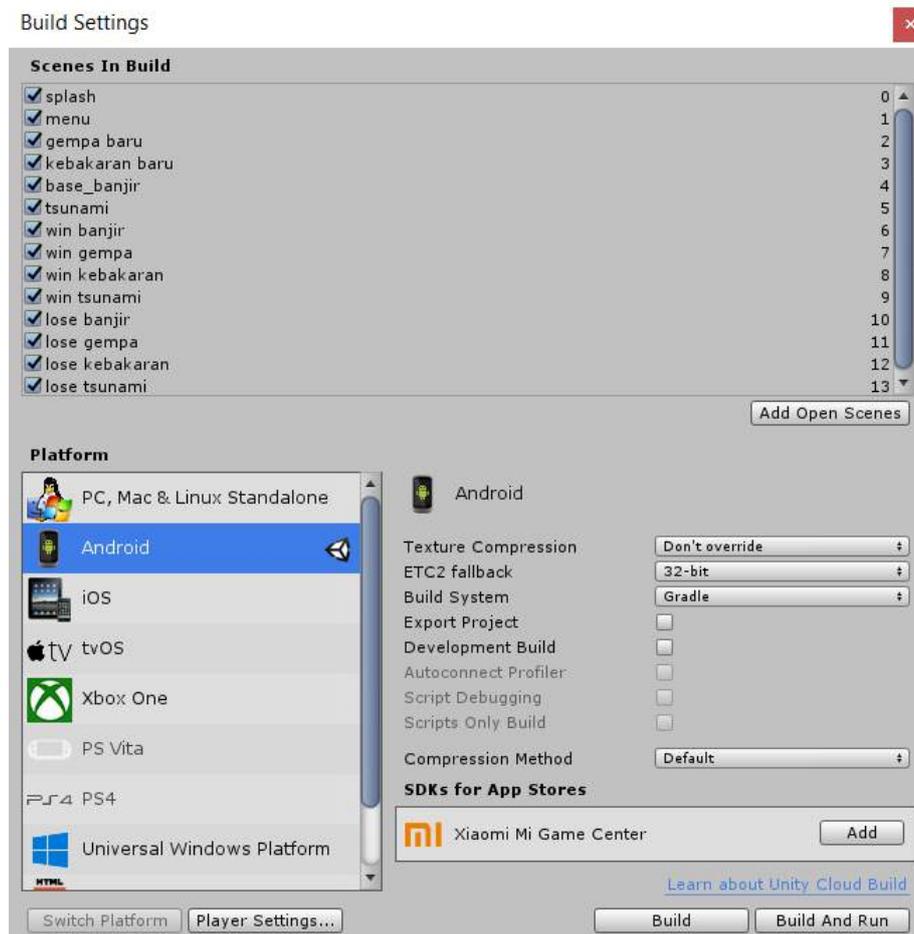
Distribusi Aplikasi *Virtual Reality* RITB

Pada pembuatan aplikasi berekstensi .apk dan agar dapat diinstalasi di Android, langkah

pertama adalah memilih *file* > *build settings* pada menu bar. Tambahkan semua *scene* aktif

dengan menekan tombol *Add Open Scene*, pilih *platform* menjadi Android. Setelah itu tekan tombol *build*. Kemudian masukkan tempat

penyimpanan direktori, lalu tekan *save*. Pembuatan apk pada Unity dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pembuatan Apk Pada Unity

Selanjutnya, aplikasi didistribusikan dengan cara disimpan pada lima ponsel Android dan dievaluasi tentang beberapa aspek yaitu kualitas grafik, suara, dan performa jalannya simulasi. Evaluasi yang dilakukan pada tahap distribusi menyimpulkan bahwa *device* Samsung Galaxy S6 Edge adalah *device* terbaik untuk memainkan simulasi yang dihasilkan pada penelitian ini. Pada tahap evaluasi *device* juga menyimpulkan spesifikasi minimum untuk menjalankan simulasi, yaitu *device* yang

harus mempunyai sensor *Gyroscope* dan *Bluetooth*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dengan metode *blackbox testing* diperoleh kesimpulan bahwa aplikasi simulasi evakuasi gempa dan kebakaran dengan nama aplikasi *virtual reality RITB (Recsue in The Building)* yang dibuat dalam penelitian ini telah berjalan dengan

baik serta tampilan *layout* aplikasi sudah sesuai dengan rancangan. Aplikasi ini telah berhasil dibuat dengan algoritma *Collision Detection* yang melakukan pendeteksian tabrakan antar objek, sehingga objek dapat bereaksi dan tidak menembus satu sama lain. Pada aplikasi *virtual reality* RITB, algoritma *Collision Detection* diterapkan pada saat *user* terkena api, dimana *user* akan memberi respon dengan berkurangnya jumlah darah. Simulasi 3D berbasis VR yang dihasilkan memberikan kesan *immersion* atau pengguna dapat merasakan ada di sebuah lingkungan nyata yang padahal fiktif.

Aplikasi *virtual reality* RITB hanya menggunakan *bluetooth controller* untuk melakukan pergerakannya. Oleh karena itu, untuk pengembangan selanjutnya diharapkan aplikasi *virtual reality* RITB dapat menggunakan *controller* dengan teknologi yang lebih maju seperti sensor *kinetic*. Simulasi pada aplikasi ini dilakukan dalam sebuah gedung yang dibatasi pada 2 simulasi yaitu gempa dan kebakaran, sehingga diharapkan pada pengembangan selanjutnya aplikasi *virtual reality* RITB dapat mensimulasikan evakuasi pada gedung dengan lebih dari 2 simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Umbaran, *Pengertian, Metode, dan Jenis-Jenis Simulasi*. Jakarta: Academia, 2018.
- [2] P. R. Jeffries, "A framework for designing, implementing and evaluating simulations used as teaching strategies in nursing?" *Nursing Education Perspectives*, vol. 26, no. 2, hal. 96 – 103, 2005.
- [3] BNPB, *Buku pedoman latihan kesiapsiagaan bencana, membangun kesadaran, kewaspadaan, dan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana*. Jakarta: BNPB, 2017.
- [4] E. K. Nesamalar dan G. Ganesan, "An introduction to virtual reality techniques and it's application," *International Journal of Computing Algorithm*, vol. 1, no. 2, hal. 59 – 62, 2012.
- [5] M. L. Famukhit, Maryono, L. Yulianto, dan B. E. Purnama, "Interactive application development policy object 3D virtual tour history pacitan district based multimedia," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 4, no. 3, hal. 15 – 19, 2013.
- [6] S. Idwar, "Game 3D simulasi penanggulangan dan evakuasi kebakaran di Politeknik Negeri Batam (game desain)," Skripsi, Politeknik Negeri Batam, Batam, 2014.
- [7] W. D. Wenno, S. R. Sentinuwo, dan A. M. Sambul, "Pemodelan dan simulasi pedestrian untuk evakuasi bencana pada kawasan boulevard manado menggunakan model cellular automata" *E-Journal Teknik Informatika*, vol. 9, no. 1, hal. 1 – 7, 2016.

- [8] M. Adhitya, “Aplikasi multimedia cara penanggulangan bencana untuk anak-anak (studi kasus di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Barat),” *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, hal. 45 – 54, 2014.

PUSH BUTTON SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH MENGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS IOT

¹Ilham Tejana Putra, ²Wahyu Kusuma Raharja, ³Mochamad Karjadi

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma, ³Jurusan
Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹llhamtejanap20@student.gunadarma.ac.id, ²wahyukr@staff.gunadarma.ac.id,
³mkaryadi@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan sensor semakin meluas pada berbagai bidang termasuk keamanan. Salah satu permasalahan keamanan dalam kehidupan sehari-hari adalah keamanan pintu rumah. Selama ini sistem keamanan pintu rumah masih menggunakan kunci biasa yang dapat dengan mudah dibobol sehingga diperlukan sistem keamanan tambahan. Pada penelitian ini dibuat suatu alat guna memudahkan dalam memantau dan menjaga keamanan pintu rumah dengan menggunakan sistem keamanan berbasis IOT. Penelitian ini berhasil membuat push button sitem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi berbasis IoT dengan sensor RFID dan kamera. Raspberry Pi sebagai pengontrol utama keseluruhan alat dan sebagai penghubung antara alat dengan web database. Setelah itu, relay dan solenoid loockdoor sebagai output mengunci pintu dan LCD 16x2 sebagai penampil tulisan informasi. Pada sensor RFID mendeteksi adanya kartu yang di tap dan kamera mengambil gambar, lalu Raspberry Pi memproses sinyal tersebut untuk mengirimkan data ke web database dan membuka kunci solenoid lockdoor, dan LCD menampilkan teks. Apabila sensor RFID tidak mendeteksi adanya kartu yang di tap, kamera tidak akan mengambil gambar dan solenoid tidak akan membuka kunci, dan LCD menampilkan teks. Alat ini bisa dipantau melalui handphone, laptop ataupun personal komputer dengan membuka solenoid. Alat ini juga mencatatkan data secara real time di solenoid.

Kata Kunci: LCD, Raspberry Pi, RFID, solenoid lockdoor

Abstract

One of the security problems in daily life is the security of the door of the house. The door security system of the house is still using ordinary keys that can be easily broken into, so an additional security system is needed. In this study a tool was created to make it easier to monitor and maintain the security of home doors by using an IOT-based security system. This research succeeded in creating a prototype system for home door security using Raspberry Pi based on IoT with RFID sensor and camera. Raspberry Pi as the main controller of the whole tool and as a liaison between the tool with a web database. After that, the relay and the loockdoor solenoid as the output lock the door and the 16x2 LCD as the information writing viewer. The RFID sensor detects the card being taped and the camera takes a picture, then the Raspberry Pi processes the signal to send data to the web database and unlock the solenoid lockdoor, and the LCD displays the text. If the RFID sensor does not detect the card being tapped, the camera will not take a picture and the solenoid will not unlock, and the LCD displays text. This tool can be monitored via mobile, laptop or personal computer by opening the solenoid. This tool also records data in real time on the solenoid.

Keywords: LCD, Raspberry Pi, RFID, solenoid lockdoor

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang elektronika dari waktu ke waktu berkembang dengan sangat. Hal ini didukung oleh munculnya inovasi baru dari penelitian terutama perangkat elektronik yang semakin canggih dengan ukuran yang semakin kecil seperti mikrokontroler. Salah satu mikro-kontroler yang banyak dipakai adalah Arduino. Pemanfaatan Arduino ini mencakup berbagai bidang salah satunya adalah bidang keamanan.

Keamanan rumah yang baik merupakan impian bagi setiap orang. Pintu rumah merupakan salah satu komponen yang signifikan mempengaruhi keamanan rumah. Saat ini secara umum setiap rumah tinggal masih menggunakan kunci biasa bagi pintu rumah. Pintu rumah dengan pengamanan kunci biasa tersebut masih kurang aman. Pada pintu dengan pengamanan kunci biasa ini lebih mudah dibobol oleh para pencuri. Resiko ini juga terjadi bagi rumah-rumah dalam komplek karena pihak keamanan rumah tidak 24 jam selalu ada di dekat rumah. Oleh karena itu diperlukan sistem keamanan rumah yang dapat dipantau dari jarak jauh menggunakan alat yang sudah berbasis *Internet of Things*.

Penelitian pada bidang keamanan terkait peralatan penunjang keamanan berbasis teknologi telah banyak berkembang. Salah satunya adalah pengamanan pintu rumah berbasis arduino yang dihubungkan dengan aplikasi Android pada *smartphone*.

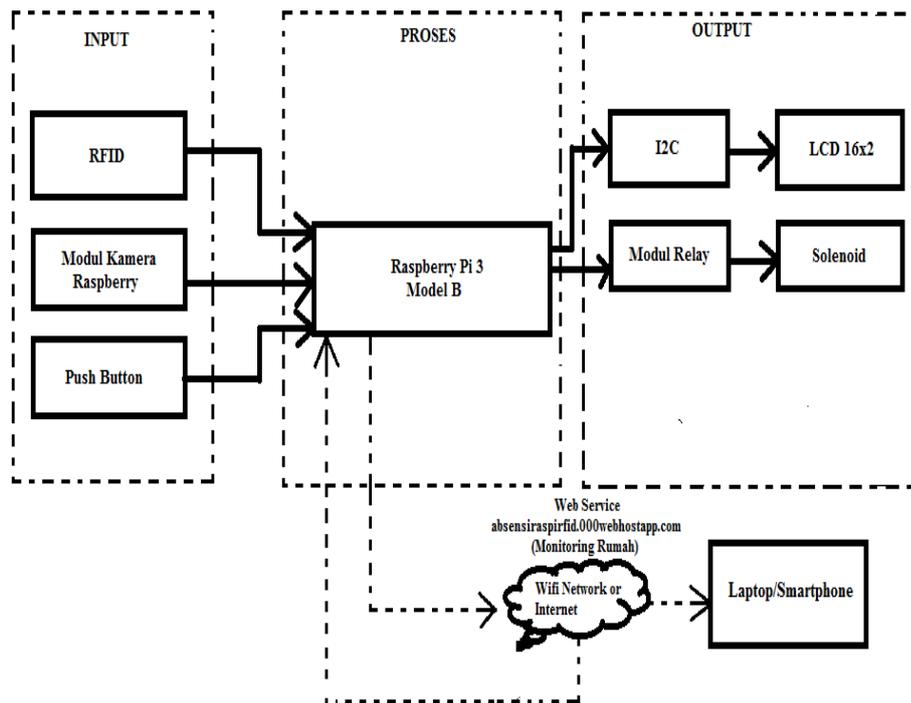
Perangkat dari pengamanan pintu rumah ini terdiri dari aplikasi Android yang terpasang pada *smartphone*, modul *bluetooth*, dan Arduino. Aplikasi Android yang terinstal pada *smartphone* sebagai media pengendali, modul *bluetooth* sebagai media penghubung dan Arduino Uno sebagai pusat pengendali dan pengolahan data yang akan memberikan perintah kepada *solenoid* untuk membuka dan menutup kunci pintu. Kelemahan dari alat tersebut adalah kontrol via *bluetooth* dari aplikasi android yang dapat dibobol orang lain selama memiliki aplikasi tersebut [1].

Prototipe sistem keamanan pintu juga dikembangkan untuk keamanan ruang dosen. Prototipe tersebut menggunakan sensor *fingerprint* untuk *scan* data sidik jari dosen yang akan diteruskan ke rangkaian kontrol dengan Arduino Mega sebagai mikrokontrolernya. Alat tersebut dirancang dengan identifikasi unik untuk pengguna [2]. Penelitian lain terkait keamanan pintu juga dibuat berdasarkan aplikasi pengenalan wajah untuk membuka kunci pintu. Pada alat tersebut digunakan C# pada perangkat komputer dan Arduino Uno sebagai penggerak kunci pintu [3]. Sistem keamanan buka pintu juga telah berhasil dibuat menggunakan RFID dan mikrokontroler ATMEGA 8535 yang dilengkapi dengan sensor *Passive Infrared* (PIR). Jika pintu dibuka dengan paksa maka sistem akan mengirimkan pesan ke ponsel pemilik. Sensor PIR digunakan untuk membuka pintu dari arah dalam, sedangkan dari arah luar menggunakan RFID [4].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pada penelitian ini di buat sebuah prototipe sistem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi berbasis IoT. Raspberry Pi adalah modul mikro komputer yang mempunyai *input output digital port* seperti pada *board microcontroller* [5].

METODE PENELITIAN

Blok diagram pada *push button* sistem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi Berbasis IoT terdiri dari blok *input* , blok proses, dan blok *output* .

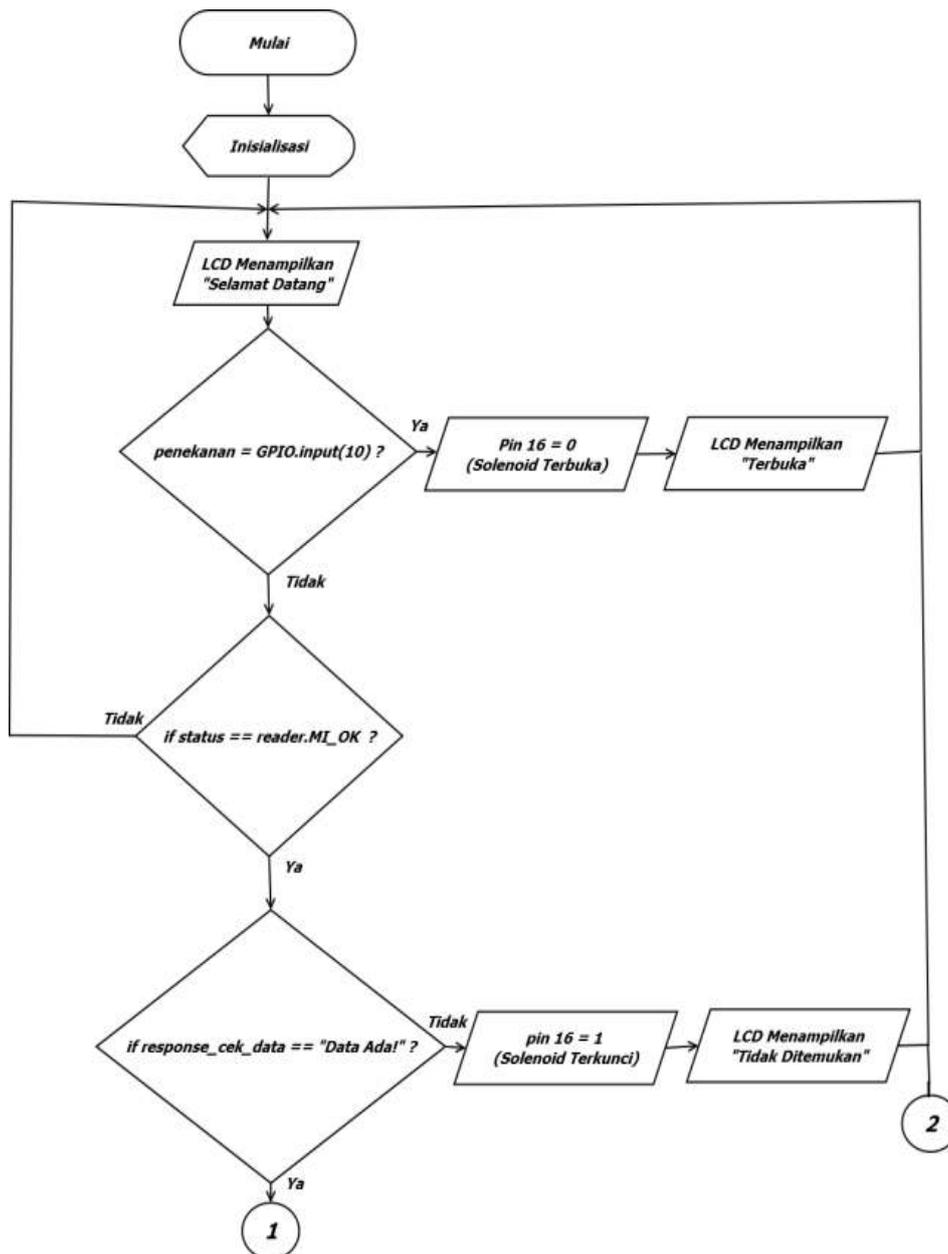


Gambar 1. Blok Diagram

Pada Gambar 1 ditunjukkan blok diagram dari alat sistem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi berbasis IoT yang terdiri dari blok *input* , blok proses, dan blok *output* . Blok *input* terdiri dari modul kamera Raspberry Pi, *push button*, dan RFID. Blok *input* berfungsi sebagai penentu terbuka atau tertutupnya *solenoid lockdoor*. Blok proses terdiri dari Raspberry Pi sebagai pengontrol. Blok proses berfungsi untuk memproses program yang sudah dibuat dan diunggah ke

Raspberry Pi tersebut. Blok *output* terdiri dari LCD yang terhubung dengan I2C, modul relay, *solenoid lockdoor* dan *solenoid*. LCD sebagai penampil karakter yang sudah di program dan relay sebagai saklar otomatis untuk menggerakkan *solenoid lockdoor*. *Solenoid* berfungsi sebagai media untuk memantau alat.

Diagram alur pada Gambar 2 menunjukkan algoritma program dari *push button* sistem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi berbasis IoT.



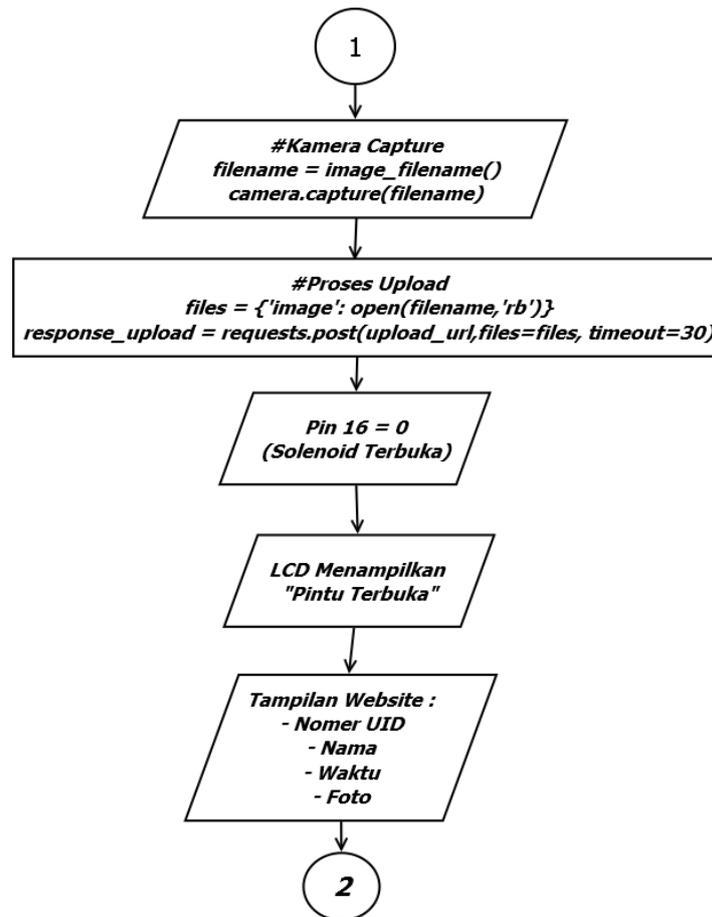
Gambar 2. Flowchart Push Button Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Raspberry Pi Berbasis IoT

Pada Gambar 2 dijelaskan proses program alat bekerja. Inisialisasi merupakan proses penggunaan *library* dan pemberian nilai awal, deklarasi pin pin, dan variabel-variabel beserta tipe datanya. LCD mulai menampilkan tulisan “Selamat Datang” kemudian terdapat kondisi penekanan *push button* atau tidak. Jika

terdapat penekanan maka *solenoid* terbuka dan LCD menampilkan “Terbuka” dan kembali lagi ke kondisi awal. Jika penekanan *push button* tidak dilakukan maka berlanjut pada kondisi berikutnya yaitu kondisi pendeteksian kartu RFID terhadap RFID *reader*. Jika RFID *reader* tidak mendeteksi adanya kartu RFID

yang di-*tap* maka kembali ke awal. Pada saat RFID *reader* mendeteksi adanya kartu RFID yang di-*tap* maka akan menuju pada kondisi berikutnya yaitu mengecek nomer UID pada kartu RFID yang di-*tap* terdaftar atau tidak.

Jika nomor tidak terdaftar maka *solenoid* tetap terkunci dan LCD menampilkan “Tidak Ditemukan”. Jika nomer UID pada kartu terdaftar maka proses akan berlanjut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

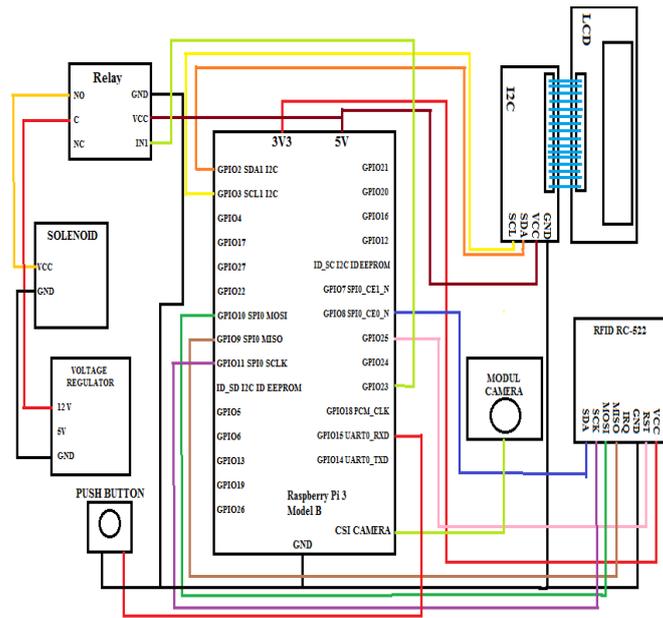


Gambar 3. *Flowchart Push Button* Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Raspberry Pi Berbasis IoT

Pada Gambar 3 ditunjukkan proses lanjutan dari *flowchart* sebelumnya. Jika nomer UID terdaftar maka kamera meng-*capture* lalu nomer UID dan hasil *capture* kamera akan di *upload* ke *solenoid* dengan alamat yang sudah ditentukan yaitu http://absensiraspirfid.000webhostapp.com/api/post_absen.php. Pada saat proses *upload*

berhasil maka LCD menampilkan “Pintu Terbuka” dan *solenoid* terbuka. Pada *solenoid* juga dapat dilihat siapa saja yang mengakses pintu rumah.

Cara kerja pada rangkaian dari *push button* sistem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi berbasis IoT secara detail akan dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian *Push Button* Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Raspberry Pi Berbasis IoT

Berdasarkan pada Gambar 4, RFID reader pada blok *input* akan menunggu hingga terdapat kartu RFID yang di-*tap*. Saat kartu RFID yang di-*tap* sesuai atau benar dengan yang diinginkan yang dimasukkan ke dalam program maka kamera akan aktif dengan meng-*capture* objek muka pengguna kartu RFID tersebut. Pada blok proses Raspberry Pi 3 model B akan menerima sinyal dari kartu RFID yang di-*tap*. Tegangan dari RFID reader akan masuk

ke pin yang ada pada Raspberry Pi 3 model B yang akan mengubah tegangan analog yang masuk menjadi digital. Selain itu, Raspberry Pi 3 model B menerima data berupa hasil *capture* kamera dan nomer kode UID dari kartu RFID. *Single board computer* Raspberry Pi 3 model B akan memproses data masukan sesuai program yang telah diunduh sebelumnya. Hasil dari proses tersebut akan dikirim ke *solenoid* dan ke *output* LCD dan *solenoid*.



Gambar 5. Bentuk Fisik *Push button* Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Raspberry Pi Berbasis IoT

Pada Gambar 5 ditunjukkan bentuk fisik dari sistem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi berbasis IoT. Proses kerja alat ini diawali dengan LCD akan aktif dan menampilkan karakter pembuka. Setelah itu, RFID siap menerima masukan dari kartu *tag*. Pada awalnya kartu *tag* RFID di tempelkan terhadap RFID *reader*. Selanjutnya RFID akan mengirimkan sinyal ke Raspberry Pi untuk mencocokkan dengan *database*. Apabila kartu *tag* RFID terdaftar maka modul kamera akan mengambil gambar objek yang ada didepannya. Setelah modul kamera mengambil gambar maka raspberry akan mengunggah data kartu RFID dan gambar yang telah diambil oleh kamera ke web *database*. Jika proses berhasil maka Raspberry akan memerintahkan relay untuk aktif dan *solenoid lockdoor* akan membuka

kunci. Setelah itu *solenoid lockdoor* akan kembali pada posisi awal. LCD menampilkan nomer UID RFID dan nama pemilik kartu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian keterbacaan RFID dilakukan dengan pengukuran jarak terjauh RFID *tag* dapat terbaca oleh RFID *reader*, dan mengetahui apa saja yang dapat menghalangi RFID *reader* untuk membaca *tag* RFID. Pengujian ini dilakukan dengan cara mendekatkan RFID *tag* perlahan-lahan ke RFID *reader* dimulai dari jarak 5 cm. Pada saat RFID *tag* mulai terbaca, maka angka tersebut diambil sebagai sampel. Pengujian dilakukan dengan alat bantu penggaris sederhana dengan ketelitian 1 mm. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak Baca Modul RFID-RC522

No.	Jarak (cm)	Keterangan
1.	1	Terbaca
2.	2	Terbaca
3.	2,5	Terbaca
4.	3	Tidak Terbaca
5.	4	Tidak Terbaca
6.	5	Tidak Terbaca

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa pada alat ini jarak terjauh pembacaan

tag RFID adalah sebesar 2,5cm tanpa adanya media penghalang.

Tabel 2. Hasil pembacaan RFID *tag* dengan media penghalang

No.	Media	Keterangan
1.	Kain	Terbaca
2.	Karton	Terbaca
3.	Plastik	Terbaca
4.	Besi	Tidak Terbaca
5.	Acrylic	Terbaca

Pada Tabel 2 dapat diketahui media yang dapat menghalangi proses pembacaan RFID tag dan yang tidak dapat menghalangi proses pembacaan RFID tag. Berdasarkan hasil percobaan, maka yang dapat menghalangi proses pembacaan RFID tag hanya besi.

Pengamatan RFID-RC522 dilakukan untuk mengetahui gelombang yang dihasilkan oleh pin MISO dan SDA pada RFID-RC522,

dimana pin MISO tersebut berperan sebagai Transmitter (Tx) dan pin SDA sebagai Receiver (Rx) pada RFID reader. Pengamatan ini dilakukan menggunakan logic analyzer dengan 4 sampel kartu tag RFID, dimana dari ke-4 kartu tersebut 2 kartu sudah didaftarkan, dan 2 kartu lainnya tidak didaftarkan. Pada Gambar 6 ditunjukkan hasil gelombang yang didapat dari 2 sampel kartu RFID tag yang terdaftar pada database.



Gambar 6. Tampilan Gelombang pada Pin MISO dan SDA

Pada Gambar 6 ditunjukkan gelombang yang didapatkan saat kartu yang dengan nomor UID di-tap ke RFID reader. Dua gambar gelombang pertama menunjukkan kartu RFID dengan UID yang terdaftar dengan nomor UID 17166173165 dan 165212842762 sebagai kartu yang terdaftar pada perangkat. Hasil dari gelombang yang diamati di UID 17166173165 adalah frekuensi sebesar 322,3Hz dan periode sebesar 3,103ms pada pin SDA, lalu frekuensi dan periode pada pin MISO masing-masing sebesar 448,9Hz dan 2,228ms. Hasil dari gelombang yang diamati di UID 165212842762 adalah frekuensi sebesar 205,4Hz dan periode sebesar 4,868ms pada pin SDA, lalu frekuensi dan periode pada pin MISO masing-masing sebesar 266,6Hz dan 3,75ms. Dua gambar gelombang berikutnya dengan nomor UID

17239110245 dan 2251001616133 kartu yang tidak terdaftar. Hasil dari gelombang yang diamati di UID 17239110245 adalah frekuensi sebesar 230,1Hz dan periode sebesar 4,346ms pada pin SDA, lalu frekuensi dan periode pada pin MISO masing-masing sebesar 266,6Hz dan 3,752ms. Hasil dari gelombang yang diamati di UID 2251001616133 adalah frekuensi sebesar 307,6Hz dan periode sebesar 3,252ms pada pin SDA, lalu frekuensi dan periode pada pin MISO masing-masing sebesar 436Hz dan 2,293ms.

Tampilan pada *solenoid* merupakan salah satu *output* yang dihasilkan ketika kartu RFID yang terdaftar di-tap ke RFID reader. Tampilan *solenoid* ini bisa dilihat menggunakan *smartphone* ataupun laptop dan gadget yang lainnya. Tampilan *solenoid* ditunjukkan pada Gambar 7.

#	Nomor Kartu	Nama	Jam Datang	Foto
153	165212842762	Aafi Ariq Alam	22:03:49 24-10-2018	
154	17166173165	Alan Galau	22:07:18 24-10-2018	
155	375815118751	Mashok Pak Eko	22:08:32 24-10-2018	

Gambar 7. Tampilan *Solenoid*

Pada Gambar 7 ditunjukkan tampilan *solenoid* yang dilihat menggunakan perangkat

laptop. Informasi yang dapat diperoleh dari *solenoid* berupa nomer kartu, nama, jam

datang dan foto dari pemilik kartu yang sudah didaftarkan pada *database*. Adanya *solenoid* ini memungkinkan alat dapat dipantau dari manapun dengan syarat terdapat sebuah koneksi internet dan juga sebuah *gadget*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil membuat *push button* sistem keamanan pintu rumah menggunakan Raspberry Pi berbasis IoT yang tersusun oleh blok *input*, blok proses, dan blok *output*. Blok *input* yaitu sensor RFID, modul kamera Raspberry Pi, dan *push button*. Blok proses yaitu Raspberry Pi 3 Model B. Blok *output* yaitu *relay*, *solenoid lockdoor* dan LCD 16×2. *RFID reader* akan mendeteksi *RFID tag* lalu mengirimkan sinyal tersebut ke Raspberry Pi untuk diolah datanya, lalu kamera mengambil gambar dan dikirimkan juga gambar tersebut ke Raspberry untuk dikirimkan ke *solenoid*. Pada saat Raspberry sudah mengolah data dan mengirimnya ke *solenoid* maka Raspberry akan mengirimkan sinyal ke *relay* untuk mengaktifkan *solenoid lockdoor* agar *solenoid lockdoor* membuka kunci, dan LCD akan menampilkan teks. Prototipe ini memungkinkan penggunaannya untuk memantau keamanan rumah dari jauh melalui *solenoid*.

Hasil pengambilan data dan gambar telah disimpan dalam web *database* dengan alamat: <http://absensiraspirfid.000webhostapp.com/>.

Frekuensi yang didapat dari kartu yang ter-

daftar di tap dari 2 sample kartu yang digunakan masing-masing adalah pada pin SDA 322,3 Hz dan 205,4 Hz, lalu pada pin MISO 448,9 Hz dan 266,6 Hz. Frekuensi yang didapat dari kartu yang tidak terdaftar ditap dari 2 sample kartu yang digunakan masing-masing adalah pada pin SDA 230,1 Hz dan 307,6 Hz, lalu pada pin MISO 266,6 Hz dan 436 Hz. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan sistem operasi Android.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Winardi, Firmansyah, dan W. A. Kristiana, "Rancang bangun sistem pengaman pintu rumah menggunakan android berbasis Arduino Uno," *e-Jurnal NARODROID*, vol. 2, no.1, hal. 98 – 104, 2016.
- [2] A. Iskandar, Muhajirin dan Lisah, "Sistem keamanan pintu berbasis Arduino Mega," *Jurnal Informatika UPGRIS*, vol. 3, no. 2, hal. 99 – 104, 2017.
- [3] B. M. Susanto, "Sistem keamanan pintu berbasis pengenalan wajah menggunakan metode *Fisherface*," *Jurnal Ilmiah INOVASI*, vol. 17, no. 1, hal. 44 – 47, 2017.
- [4] M. Sirait dan K. Tanjung, "Perancangan sistem keamanan akses buka pintu menggunakan RFID (Radio Frequency Identification) dan pengiriman informasi ke ponsel," *Jurnal SINGUDA ENSIKOM*, vol.13, no.37, hal.129 – 133, 2015.

- [5] E. Rakhman, F. Candrasyah, dan F. D. Sutera, *Raspberry Pi-mikrokontroler mungil yang serba bisa*. Yogyakarta: Andi, 2014.

PENANGANAN TOLERANSI KESALAHAN (*FAULT TOLERANCE*) PADA SISTEM PEMBAYARAN ELEKTRONIS DALAM LINGKUP SISTEM TERDISTRIBUSI

¹Sunny Arief Sudiro, ²Abdul Hakim

^{1,2}STMIK Jakarta STI&K

Jl. BRI No. 17 Radio Dalam Kebayoran Baru Jakarta Selatan

¹sunnyariefsudiro@ieee.org, ²hakiem09@gmail.com

Abstrak

Kinerja suatu sistem tidak terlepas dari penanganan kesalahan pada sistem tersebut dan hal ini sangat mempengaruhi tingkat layanan sistem kepada penggunanya. Dari kecepatan layanan misalnya, sistem yang terlalu cepat belum tentu baik bagi pengguna dan sebaliknya. Seandainya terdapat kesalahan atau kegagalan fungsi dari sistem atau sub sistem sudah pasti mempengaruhi tingkat layanan tersebut. Dalam artikel ini dipaparkan mekanisme untuk menangani dan mentolerir sertaantisipasi terhadap kesalahan pada suatu sistem atau subsistem pembayaran elektronik menggunakan mesin anjungan tunai mandiri (ATM) dalam suatu jaringan komputer.

Kata Kunci: ATM, sistem, tingkat layanan, toleransi kesalahan

Abstract

The performance of a system is inseparable from handling errors in the system, and this greatly affects the level of system service to its users. From the speed of service, for example, a system that is too fast is not necessarily good for users and vice versa. If there is an error or malfunction of the system or sub-system it will certainly affect the level of service. In this article, the mechanism for handling and tolerating and anticipating errors in an electronic payment system or subsystem uses an automatic teller machine (ATM) in a computer network is presented.

Keywords: ATM, fault tolerance, service level, system

PENDAHULUAN

Kemudahan sistem pembayaran saat ini sudah menjadi keharusan, paling tidak mengurangi sistem antrian pada suatu tempat pembayaran (*teller*). Bagi kepentingan nasabah pun hal ini merupakan daya tarik tersendiri. Berbagai macam teknologi dikembangkan untuk kemudahan ini antara lain adalah teknologi ATM (*Automated Teller Machine*) atau dikenal pula dengan Anjungan Tunai Mandiri.

Penanganan tingkat kesalahan pada sistem yang dapat ditoleransi merupakan faktor utama dalam menentukan tingkat layanan terhadap nasabah atau pengguna. Dengan demikian diperlukan metode dan algoritma yang dapat mendeteksi secara dini kesalahan atau penyimpangan yang terjadi pada sistem dan mengambil tindakan antisipasinya.

Penanganan tingkat kesalahan sangat tergantung pada masing-masing sistem. Mekanisme yang dipaparkan terbatas pada sistem pembayaran elektronik menggunakan mesin ATM NCR *Direct Connect* yang dikendalikan oleh komputer PC dengan *interface* RS232-NRISO *Native Band I* dan terhubung dalam jaringan komputer berbasis TCP/IP.

METODE PENELITIAN

Toleransi kesalahan adalah metode dinamis yang digunakan untuk menjaga sistem yang saling berhubungan bersama, mempertahankan keandalan, dan ketersediaan dalam sistem terdistribusi. Metode redundansi

perangkat keras dan lunak adalah teknik toleransi kesalahan yang dikenal dalam sistem terdistribusi. Metode perangkat keras memastikan penambahan beberapa komponen perangkat keras seperti CPU, tautan komunikasi, memori, dan perangkat I/O sementara dalam metode toleransi kesalahan perangkat lunak, program spesifik dimasukkan untuk mengatasi kesalahan. Mekanisme toleransi kesalahan yang efisien membantu dalam mendeteksi kesalahan dan jika memungkinkan pulih dari itu [1]. Secara tradisional, *fault tolerance* mengacu pada pengembangan subsystem dari komponen *redundant* yang ditempatkan secara paralel [2].

Pada sistem penerbangan terlihat adanya kombinasi komputer *redundant* dan versi *software redundant*, versi *software redundant* dengan spesifikasi yang sama, pada dasarnya mengacu pada pemrograman N versi. Pemrograman ini merupakan pengembangan paradigma *fault tolerance* yang mengeksekusi banyak program (yang dirancang/ditulis secara independen dan menerapkan fungsi yang sama) secara paralel dan mengambil keputusan dari sejumlah hasil yang nilai keluarannya sering berubah. *Software* berkemampuan *fault tolerance* jika dan hanya jika [3]:

1. Program mampu mengkomputasi *acceptable result* meskipun program itu sendiri mengalami kekurangan dari logika yang tidak tepat, dan
2. Program apakah benar atau tidak, mampu mengkomputasi *acceptable result* meskipun program itu sendiri menerima data terkorupsi selama eksekusi.

Kunci pokok ada pada *acceptable*, mencakup karakteristik seperti *correctness/safety*, dan hal ini berdasarkan pada sistem. Interpretasi *software fault tolerance* dihasilkan dari kombinasi prinsip-prinsip *software safety* dan *robustness design*. Hal yang membedakan antara *robustness* dan *fault tolerance* didasarkan pada apakah kondisi yang tidak diharapkan tadi terduga atau tidak terduga. *Robustness* berkaitan dengan masalah yang terduga dan harus diantisipasi sedangkan *fault tolerance* berkaitan dengan masalah tak terduga yang juga harus diantisipasi.

Untuk *software* kritis, pada dasarnya terdapat tiga kondisi yang dihasilkan dari eksekusi program: (1) benar, (2) tidak benar tetapi dapat diterima dan tidak berbahaya, (3) berbahaya. *Software fault tolerance*, mengacu pada kemampuan *software* untuk menghasilkan keluaran yang dapat diterima 'acceptable' berkaitan dengan status program yang terjadi selama eksekusi. *Software safety* mengacu pada kemampuan *software* menghasilkan keluaran tak berbahaya berkaitan dengan status program selama eksekusi. Keluaran tak berbahaya didefinisikan oleh persyaratan tingkat keamanan sistem. Untuk itu *software safety* menurut pandangan *fault tolerance* adalah tipe khusus dari *software fault tolerance*. *Fault tolerance* mengacu pada kelompok *output* yang dapat ditolerir sedangkan *software safety* mengacu pada kelompok *output* yang tak dapat ditolerir [3].

Dalam pengembangan *software fault tolerant* ini banyak menggunakan algoritma

yang dikenal dengan *Byzantine Fault Tolerant* (*Byzantine General Algorithm*, oleh Lamport tahun 1982) dan banyak dibahas dalam berbagai tulisan dari jurnal sampai bahan tesis. Miquel Castro dan Barbara Liskov banyak melakukan penelitian baik teori maupun *practical*, sehingga terkenal dengan Castro & Liskov's BFT. *Protocols* [4,5]. Aplikasi dari BFT mencakup dari sistem operasi sampai aplikasi berbasis web (*http services*) seperti FARGOS/VISTA [6]. Baik komputer yang berdiri sendiri maupun pada suatu jaringan sistem terdistribusi yang saling ketergantungan [7].

Teknologi ATM pada dunia perbankan saat ini terdiri dari beberapa metode. Beberapa ATM dihubungkan melalui perangkat komunikasi dengan komputer pusat yang dikenal sebagai *ATM Controller/Switching* (biasanya komputer kelas mini atau *main frame*). Pendekatan lain adalah mesin-mesin ATM ini dihubungkan dan dikendalikan oleh *Personal Computer (PC Base)* [8,9].

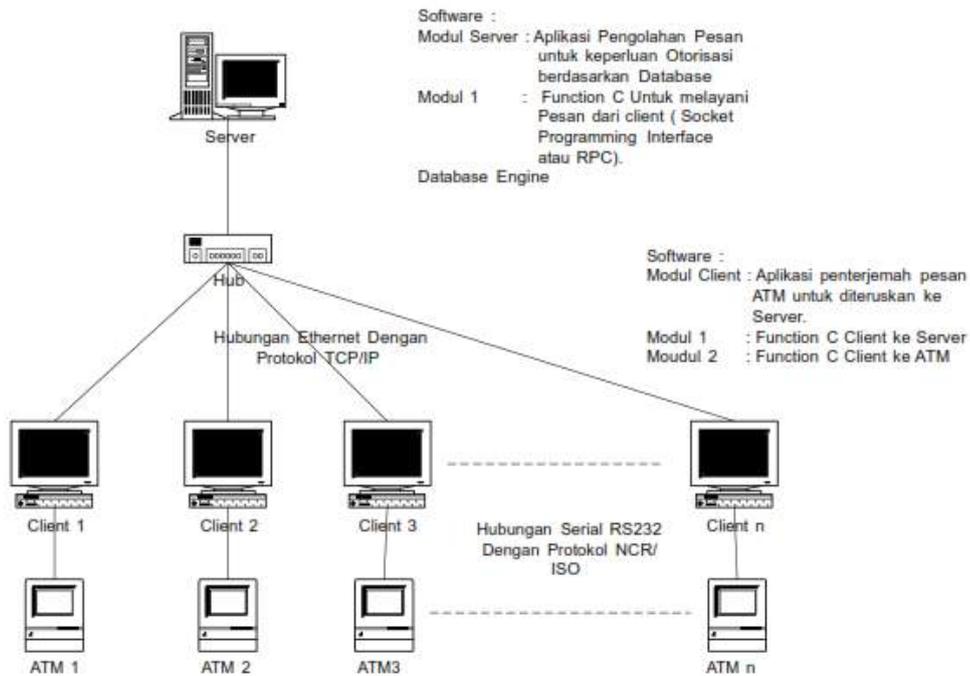
HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme pengamatan difokuskan pada komputer jaringan dengan protokol jaringan TCP/IP yang terdiri dari beberapa komputer *client* dan satu komputer *server*, dan pembuatan sistem yang terdiri dari:

- a. Algoritma/metode penanganan toleransi kesalahan.
- b. Jaringan komputer terbatas
- c. Rancangan *database*
- d. Program aplikasi:

- Modul pada *Server*
 - Modul pada *Client*
- e. Analisis Kinerja: Yang berkaitan dengan response time dari sistem
- Model yang dikembangkan adalah beberapa

mesin ATM masing-masing dikendalikan oleh satu komputer PC yang seluruhnya terhubung dengan komputer pusat (PC) pada jaringan komputer dengan protokol TCP/IP seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Jaringan Komputer Pengendali Multi ATM dengan Protokol TCP/IP

PC pengendali ATM disebut *client* dan berhubungan dengan ATM berdasarkan komunikasi serial RS232 dengan protokol NCR/ISO. Perangkat lunak yang diperlukan pada komputer *client* adalah modul *client*. Program ini akan menerima pesan dari ATM kemudian menerjemahkan pesan tersebut untuk diotorisasi ke komputer pusat. Program ini dapat dikembangkan dengan bahasa pemrograman tingkat tinggi seperti 4GL, Delphi, dan VB. Untuk transfer data ke ATM diperlukan *function C* berdasarkan protokol NCR/ISO (Modul 1 *Client*) dan transfer data

ke *server* diperlukan *function C* untuk mengakses *server* berdasarkan IP tertentu demikian sebaliknya (Modul 2 *Client*).

Pada komputer *server*, disamping *database engine* juga diperlukan program utama yang akan menerima pesan dari *client* untuk diterjemahkan dan kemudian diotorisasi berdasarkan data yang ada pada *database*. Pada komputer ini perlu dibuatkan suatu program yang akan melayani seluruh *client* menggunakan bahasa C dan nantinya akan berada *resident* pada komputer (*daemon*) atau ditambatkan pada program utama. Yang perlu

diperhatikan disini adalah waktu tanggap dan prioritas pelayanan dari sistem jika permintaan pelayanan *client* terlalu banyak dan waktu respon jaringan/sistem.

Sistem operasi yang digunakan akan tergantung pada *database engine* dan pengembang program aplikasi (modul *client/server*) yang digunakan. Dapat saja sistem operasi *client* dan *server* berbeda namun perlu dicari sistem yang stabil dan handal. Diharapkan pada *server* menggunakan sistem operasi Unix mengingat teknik pemrograman yang akan digunakan adalah *Socket Programming Interface* atau *Remote Procedure Call*.

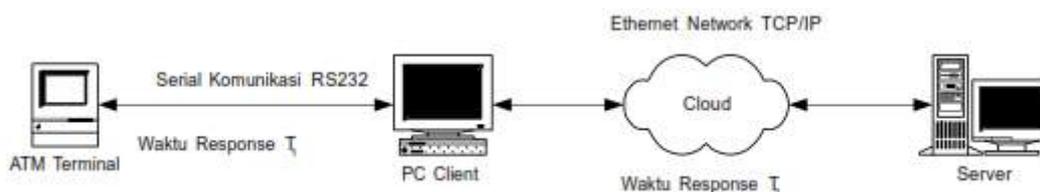
Waktu yang diperlukan untuk transfer data antara ATM terminal dengan *server* di-

asumsikan:

1. Waktu transfer data antara ATM dan komputer *client* adalah T_1 .
2. Waktu modul *client* untuk memproses data kemudian dikirimkan ke *server* adalah TMC.
3. Waktu transfer data antara komputer *client* ke *server* melalui *cloud* Jaringan adalah T_2 .
4. Waktu modul *server* untuk memproses data dan memberikan jawaban adalah TMS.

Jadi, total waktu respon adalah :

$$T_{respon} = 2T_1 + 2T_2 + TMC + TMS \text{ detik}$$



Gambar 2. Waktu *Response* Transfer Data antara ATM Terminal dan *Server*

Beberapa algoritma penanganan toleransi kesalahan sistem (SFT, *system fault tolerance*) berbentuk subprogram atau pemrograman agen (*agent programming*) harus dikembangkan dan ditanamkan pada aplikasi utama:

1. Pembuatan subprogram (*agent programming*) penanganan kesalahan sistem.
2. Pembuatan program *interface* antara ATM dan PC melalui *serial port*.
3. Pembuatan program pengiriman paket data antar PC dengan protokol TCP/IP.

4. Pembuatan program pengendali beberapa ATM pada jaringan komputer berbasis-kan TCP/IP.
5. Analisis kinerja sistem dan jaringan komputer terbatas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Rancangan mekanisme untuk mendapatkan kecepatan proses (*response time*) dari sistem untuk menangani beberapa titik yang

dapat diterima dan metode antisipasi kesalahan yang dapat ditolerir (*fault torance*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sari dan M. Akkaya, "Fault tolerance mechanisms in distributed systems," *International Journal Communications, Network and System Sciences (IJCNS)*, vol. 8, hal. 471 – 482, 2015.
- [2] J. Yin, J. P. Martin, A. Venkataramani, L. Alvisi, dan M. Dahlin, "Separating agreement form execution for byzantine fault toleranct services," In Proceedings of the nineteenth ACM symposium on Operating systems principles, 2003, hal. 253 – 267.
- [3] M. Aliouat dan Z. Aliouat, "Recovery in distributed systems from transient and permanent faults," *Journal of Computer Science*, vol. 3, no. 8, hal. 617 – 623, 2007.
- [4] M. Castro and B. Liskov, "Byzantine fault tolerance can be fast," In Proceedings of International Conference on Dependable Systems and Networks, 2001, hal. 513 – 518.
- [5] J. Yin, J. P. Martin, A. Venkataramani, L. Alvisi, dan M. Dahlin, "Byzantine fault tolerant confidentiality," In Proceedings of the International Workshop on Future Directions in Distributed Computing, hal. 12 – 15, 2002.
- [6] G. C. Carpenter, "Byzantine fault-tolerant HTTP services using FARGOS/VISTA," Fargos Development, New York, 2001.
- [7] A. Postma, Th. Krol, dan E. Molenkamp, "Optimized authenticated self-synchronizing Byzantine agreement protocols," In Proceedings Pacific Rim International Symposium on Fault-Tolerant Systems, hal. 122 – 129, 1997.
- [8] T. M. Kusuma, "Program aplikasi ATM dengan piranti lunak NCR Direct Connect (NDC) TM Native Band 1 yang berbasis personal computer," Skripsi, STMIK Gunadarma, Depok, 1994.
- [9] T. N. Rachmat, " Program Komunikasi ATM Berperangkat Lunak NDC yang berbasis IBM PC dengan Protocol NCR/ISO," Skripsi, STMIK Gunadarma, Depok, 1994.

IDENTIFIKASI TELUR RETAK MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BERDASARKAN TEKSTUR TELUR

¹Kelvin Bun, ²Hurnaningsih

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
¹kelvinbun60@gmail.com, ²hurna@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Telur ayam merupakan salah satu panganan pokok yang di konsumsi semua masyarakat. Telur juga memiliki banyak kandungan yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh, kandungan pada putih telur mengandung protein, karbohidrat, kalori dan kalsium dan kandungan kuning telur mengandung lebih banyak vitamin, mineral, dan zat karetonoid. Untuk memenuhi kebutuhan konsumsi akan telur maka para penjual maupun peternak telur harus memberikan kualitas telur yang baik. Kualitas telur biasanya diidentifikasi dari warna kulit dan permukaan yang tidak pecah. Namun dengan adanya perkembangan teknologi pengamatan untuk identifikasi dapat dilakukan dengan bantuan komputer sehingga dapat lebih memudahkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat suatu aplikasi untuk mengidentifikasi telur retak dan telur tidak retak dengan bantuan komputer yang memanfaatkan pengolahan citra dan metode jaringan syaraf tiruan. Untuk menentukan telur retak dan telur tidak retak dengan komputer, ada beberapa tahap proses yang dilakukkan yaitu pengambilan citra, pengolahan citra, menganalisis nilai citra dan melakukan pelatihan data citra. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak MATLAB 2017a untuk pemrograman. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, aplikasi ini memiliki tingkat akurasi 80% berdasarkan 40 data yang telah diuji dengan epoch 5000 dan performance 0.03.

Kata Kunci: Identifikasi, jaringan syaraf tiruan, pengolahan citra, telur retak

Abstract

Chicken eggs are one of the main snacks consumed by all people. Eggs also have many contents that are beneficial to health, the content of the egg white contains protein, carbohydrates, calories and calcium and the yolk content contains more vitamins, minerals, and gumonoid substances. To meet the consumption needs of eggs, eggs sellers and breeders must provide good quality eggs. Egg quality is usually identified by skin color and surface that is not broken. But with the development of observation technology for identification can be done with the help of computers so that it can be made easier. Therefore, in this study an application was made to identify cracked and non-cracked eggs with the help of a computer that utilizes image processing and artificial neural network methods. To determine cracked eggs and non-cracked eggs with a computer, there are several stages of the process that are carried out, namely image capture, image processing, analyzing image values and conducting image data training. This research uses MATLAB 2017a software for programming. Based on trials conducted, this application has an 80% accuracy rate based on 40 data that have been tested with epoch 5000 and performance 0.03.

Keywords: Artificial neural networks, cracked eggs, identification, image processing

PENDAHULUAN

Telur merupakan salah satu panganan pokok yang dikonsumsi oleh hampir semua kalangan masyarakat. Telur juga memiliki banyak kandungan yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh, di mana kandungan pada putih telur mengandung protein, karbohidrat, kalori dan kalsium, sementara kandungan kuning telur mengandung lebih banyak vitamin, mineral, dan zat karetonoid. Untuk memenuhi kebutuhan konsumsi akan telur maka para penjual maupun peternak telur harus memberikan kualitas telur yang baik. Badan Standarisasi Nasional (BSN) membuat kualifikasi kualitas telur yang baik dan tidak baik. Kualitas telur ayam yang baik dapat dilihat dari kondisi fisik dan isi dalam telur [1]. Kondisi telur biasanya diidentifikasi dari warna kulit dan permukaan yang tidak pecah. Identifikasi yang dilakukan biasanya hanya dilakukan secara manual dengan pengamatan mata manusia yang terkadang dapat terjadi kesalahan dalam pengamatan maupun memerlukan waktu yang cukup lama.

Dengan adanya perkembangan teknologi informasi memungkinkan dilakukan pengidentifikasian kondisi telur yang tidak retak dan telur yang retak dengan bantuan komputer. Sistem komputerisasi ini dilakukan dengan pengamatan visual tidak langsung dengan menggunakan kamera sebagai pengolah citra dari gambar yang direkam (*image processing*) sehingga menghasilkan data yang akan diproses untuk diterapkan pada mesin

pembelajaran (*machine learning*) menggunakan komputer. Hal ini dapat dilakukan karena klasifikasi keretakan pada telur dapat didasarkan pada tekstur telur tersebut yang tampak pada citra telur tersebut.

Penelitian terkait klasifikasi berbasis tekstur pada citra telah banyak dilakukan, di antara klasifikasi jenis buah Apel dengan menggunakan *k-Nearest Neighbor* (kNN) [2], klasifikasi jenis tanaman menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) [3], klasifikasi motif kain menggunakan *color co-occurrence matrix* [4]. Pada beberapa penelitian terkait analisa tekstur berbasis citra, sebelum dilakukan klasifikasi biasanya dilakukan ekstraksi fitur tekstur. Ekstraksi fitur tekstur dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya yang cukup sering digunakan adalah *Grey Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), seperti pada proses ekstraksi fitur tekstur kain [4], tekstur kayu [5], dan tekstur kulit sapi [6].

Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang mensimulasikan proses pembelajaran otak manusia tersebut. JST tercipta sebagai suatu generalisasi model matematika dari pemahaman manusia (*human cognition*) yang didasarkan atas asumsi pemrosesan informasi terjadi pada elemen sederhana yang disebut neuron. Isyarat mengalir diantara sel syaraf melalui suatu sambungan penghubung. Setiap sambungan penghubung memiliki bobot yang bersesuaian dan setiap sel syaraf akan

merupakan fungsi aktivasi terhadap isyarat hasil penjumlahan berbobot yang masuk kepadanya untuk menentukan isyarat keluarannya. JST memiliki kemampuan melakukan komputasi secara paralel dengan cara belajar dari pola-pola yang diajarkan. JST telah banyak digunakan untuk membantu menyelesaikan berbagai macam permasalahan, salah satu permasalahan tersebut adalah pencocokan atau keakurasian berdasarkan pelatihan yang diberikan [7]. Misalnya dalam bidang kesehatan, JST dapat dimanfaatkan untuk memprediksi berbagai macam penyakit dengan menggunakan metode *backpropagation*.

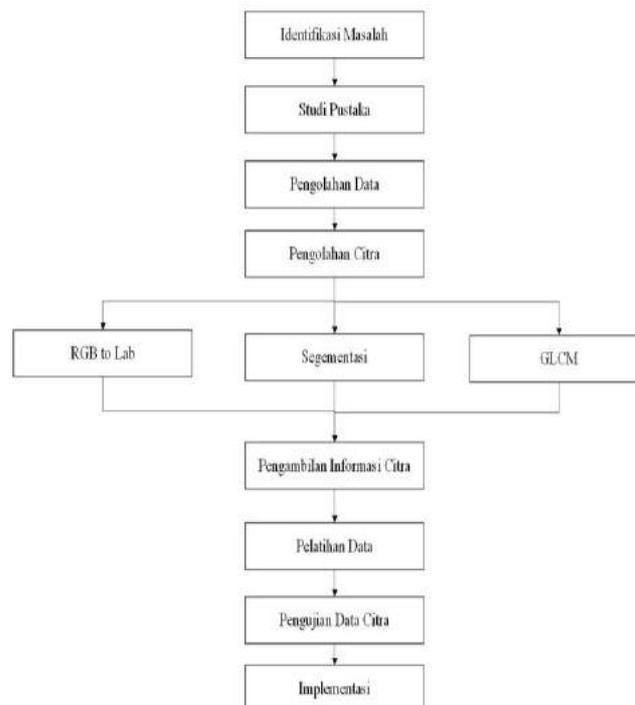
Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan. Proses pembelajaran dalam *backpropagation* dilakukan dengan penyesuaian bobot-bobot nilai *error* dalam proses pembelajaran. *Back-*

propagation melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan, serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa dengan pola yang dipakai selama pelatihan.

Pada penelitian ini dibuat suatu aplikasi untuk mengidentifikasi telur retak dan telur tidak retak menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. Identifikasi telur retak dilakukan berdasarkan tekstur dari telur menggunakan GLCM.

METODE PENELITIAN

Alur penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam penelitian ini. Masalah yang diidentifikasi yaitu bagaimana mendapatkan nilai tekstur pada citra telur berdasarkan telur dengan kondisi retak dan tidak retak dan bagaimana hasil proses pengolahan data citra telur dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*.

Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mengetahui teori-teori dalam melakukan penelitian. Studi pustaka dilakukan dengan pencarian data melalui buku-buku yang berkaitan, jurnal penelitian dan artikel di internet.

Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan hal yang paling utama dilakukan pada penelitian ini. Data pada penelitian ini adalah data citra telur yang akan diolah dan diproses dengan pelatihan jaringan syaraf tiruan untuk pengujian identifikasi tekstur telur berdasarkan nilai tekstur pada citra. Pengolahan data dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengumpulan data dan akuisisi data.

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data citra dilakukan dengan mengambil citra telur ayam sebanyak 90 citra. 50 citra sebagai data citra latih dan 40 citra sebagai data citra uji. Pengambilan citra dilakukan dengan ketentuan berikut:

- Telur diletakkan pada latar belakang yang berwarna putih.
- Jarak objek dengan kamera sejauh 15 cm.
- Menggunakan lampu *flash* untuk kondisi pencahayaan guna untuk mendapatkan citra yang lebih jelas.
- Pengambilan citra dilakukan pada sisi depan objek.

b. Akuisisi Data

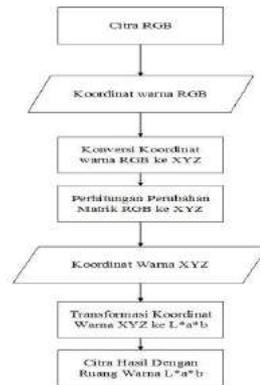
Akuisisi data digunakan untuk bahan baku penelitian. Dalam hal ini dilakukan pengambilan citra menggunakan kamera Fujifilm Fine Pix S4900 dengan resolusi kamera 14 MP. Citra yang dihasilkan memiliki resolusi 4288×3216 pixel dengan format *.jpg. Hasil citra dari pengambilan menggunakan kamera dilakukan proses *cropping* menggunakan photoshop untuk mendapatkan resolusi 800×800 pixel yang dimana dengan resolusi ini akan memberikan *performance* terbaik pada saat proses jaringan syaraf tiruan.

Pengolahan Citra

Pada tahap ini data yang telah dimasukkan akan melakukan proses pengolahan citra seperti proses RGB ke L^*a^*b , segmentasi *clustering* dan GLCM untuk melakukan perhitungan tekstur.

a. RGB to L^*a^*b

Pada tahap RGB ke L^*a^*b pengolahan citra dilakukan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahap RGB to L*a*b

Citra yang telah dimasukkan akan dilakukan pemisahan ruang warna RGB. Proses pemisahan ruang warna bertujuan untuk mengubah koordinat warna RGB, nilai RGB yang telah didapatkan kemudian dikonversikan ke dalam bentuk ruang warna XYZ. Proses konversi RGB ke XYZ menggunakan matrik 3×3. Hasil perhitungan matriks didapatkan

citra warna XYZ yang nantinya akan dikonversikan ke dalam ruang warna L*a*b [8]. Setelah mengkonversikannya maka didapatkan citra L*a*b.

b. Segmentasi K-Means Clustering

Tahap segmentasi K-Means Clustering pengolahan citra dilakukan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahap Segmentasi K-Means Clustering

Proses tahapan segmentasi dengan metode K-Means Clustering disusun dalam algoritma Matlab. Tujuan dari clustering ini adalah membagi citra menjadi beberapa

kelompok atau cluster sesuai dengan kedekatan intensitas keabuan citra tersebut. Citra yang akan diproses atau dikelompokkan hanya daerah citra atau foreground sehingga

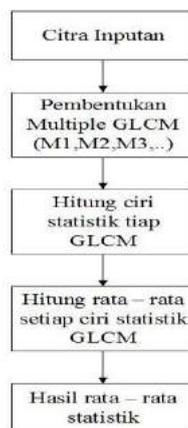
diperlukan proses awal untuk menghilangkan daerah sekitar citra atau *background* [9].

Proses *clustering* akan dimulai dengan menghitung nilai *centroid* secara acak, kemudian menghitung jarak minimum antar *centroid* dengan menggunakan *Euclidean distance*. *Euclidean distance* adalah metode pengukuran jarak minimum antar *centroid* dalam citra yang akan dikelompokkan atau cluster. Selanjutnya, piksel akan dikelompokkan berdasarkan jarak minimum tersebut hingga membentuk cluster. Jika masih ada cluster yang berpindah, maka akan dihitung kembali jarak minimum ke *centroid*. Namun jika tidak

ada *cluster* yang berpindah maka proses *clustering* selesai. Metode *K-Means Clustering* memanfaatkan intensitas atau tingkat keabuan citra, intensitas citra inilah yang mendasari *clustering* citra. Intensitas yang berbeda akan dikelompokkan dalam *cluster* yang berbeda pula. *Cluster* yang terbentuk akan diwakili oleh warna tertentu sehingga masing-masing *cluster* akan dapat tervisualisasi.

c. GLCM (*Grey Level Co-occurrence Matrix*)

Tahap GLCM pengolahan citra dilakukan seperti pada Gambar 4.



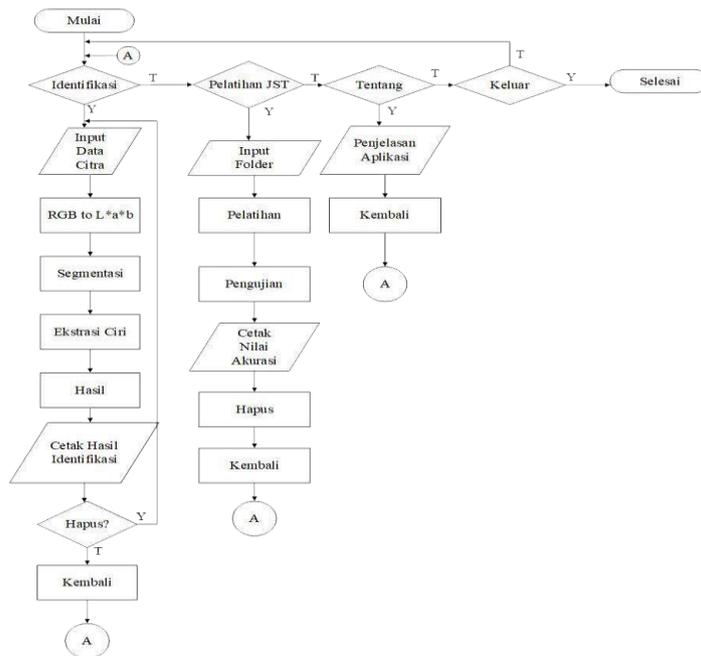
Gambar 4. Tahap GLCM

Ekstraksi ciri yang digunakan adalah metode GLCM. GLCM adalah metode pembandingan tekstur dari citra masukan. Citra yang telah dimasukkan akan dibentuk matriks – matriks baru oleh GLCM dengan cara menghitung nilai kemungkinan pada pikselnya [10]. Berikutnya matriks yang terbentuk berjumlah 4 dengan masing-masing derajat lalu menghitung rata-rata data statistik. Rata-

rata yang dihitung adalah data energi, homogeneitas, korelasi, dan kontras. Selanjutnya hasil perhitungan dari rata-rata statistik merupakan hasil dari tekstur citra tersebut.

Flowchart Aplikasi

Langkah-langkah dari pembuatan aplikasi yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dirangkum pada *flowchart* yang disajikan pada Gambar 5.

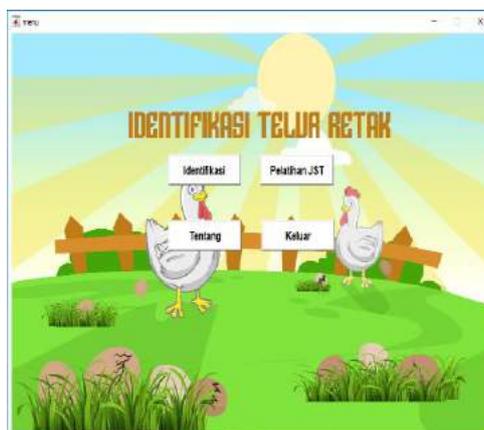


Gambar 5. Flowchart Aplikasi

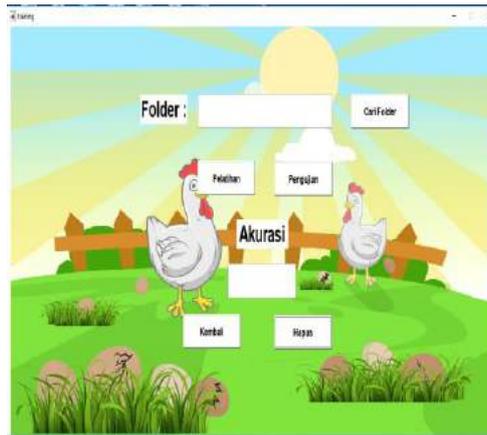
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi fungsi aplikasi yang dibuat merupakan fungsi-fungsi yang akan dijalankan di dalam aplikasi. Pada pengimplementasian menggunakan *tools* MatLab R2017a. Fungsi tersebut diantaranya yaitu pengolahan warna

RGB to L^*a^*b , segmentasi *k-means clustering*, GLCM (*Grey Level Co-occurrence Matrix*), pelatihan data, tes akurasi dan pengujian data. Tampilan menu utama dan menu JST secara berurutan dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Tampilan Menu Utama



Gambar 7. Tampilan Menu JST

Hasil Pengujian Pertama

Pada pengujian ini didapatkan jumlah *epoch* sebanyak 6 dengan *best validation performance* adalah 0.084407 yang menunjukkan performa pelatihan jaringan saraf tiruan. Hasil

dari pengujian pertama didapatkan tingkat akurasi sebesar 50% dari data yang diuji, yakni terdapat 20 citra yang salah terklasifikasi dari 40 citra yang diuji. Rangkuman hasil pada pengujian pertama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Pengujian Pertama

Aspek Pengujian	Data Uji	Persentase
<i>Epoch</i>	500	50%
<i>Performance</i>	0.05	

Hasil Pengujian Kedua

Pada pengujian ini didapatkan jumlah *epoch* 2 dan *best validation performance* adalah 0.010623 yang menunjukkan performa pelatihan jaringan saraf tiruan. Hasil dari

pengujian kedua didapatkan tingkat akurasi sebesar 72.5%, yakni terdapat 11 citra yang salah diklasifikasi dari 40 citra yang diuji. Rangkuman hasil pada pengujian kedua dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman Hasil Pengujian Kedua

Aspek Pengujian	40 Data Uji	Persentase
<i>Epoch</i>	1000	72.5%
<i>Performance</i>	0.04	

Hasil Pengujian Ketiga

Pada pengujian ini didapatkan jumlah *epoch* 2 dan *best validation performance* adalah

0.2981 yang menunjukkan performa pelatihan jaringan saraf tiruan. Hasil dari pengujian kedua didapatkan tingkat akurasi sebesar 80%

dari data yang diuji, yakni terdapat 8 citra yang salah diklasifikasi dari 40 citra yang diuji. Rangkuman hasil pada pengujian kedua dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rangkuman Hasil Pengujian Ketiga

Aspek Pengujian	40 Data Uji	Persentase
<i>Epoch</i>	5000	80%
<i>Performance</i>	0.03	

KESIMPULAN DAN SARAN

Program identifikasi telur retak menggunakan metode jaringan syaraf tiruan berdasarkan tekstur telur telah berhasil dibuat dan dijalankan. Aplikasi ini telah berhasil mengolah dan menganalisa citra, dengan masukkan berupa citra ekstensi .jpg, berdimensi 800×800 piksel dan total 90 citra yang meliputi 50 citra untuk data latih dan 40 citra untuk data uji. Aplikasi memiliki keluaran berupa informasi hasil dari identifikasi dan analisa citra.

Metode jaringan syaraf tiruan back-propagation untuk proses analisa citra berhasil diimplentasikan dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji coba bahwa proses analisa telah berjalan dengan baik dan tidak terjadi *error*. Metode ini meliputi proses pelatihan dan pengujian, proses pelatihan menggunakan data citra sebanyak 50 data latih dan pengujian menggunakan data citra sebanyak 40 data uji. Metode ini memiliki keluaran presentase kebenaran yang akan digunakan dalam proses identifikasi.

Metode jaringan syaraf tiruan *back-propagation* untuk proses identifikasi citra

telah berhasil mencapai tingkat kebenaran sebesar 80% pada pengujian ketiga dengan 5000 *epoch* dan *performance* 0.03. Keberhasilan pengujian ini bergantung pada beberapa faktor yakni nilai *performance* dan *epoch* semakin tinggi *epoch* dan kecil *performance* akan membuat persentasi semakin bagus.

Aplikasi yang dibuat dapat dikembangkan dengan memperhatikan kualitas citra dari segi pencahayaan dan posisi saat pengambilan data citra. Pada penelitian lebih lanjut perlu adanya penambahan data citra sebagai data citra latih untuk mengurangi resiko terjadinya kesalahan pada penerapan metode *backpropagation*. Selain itu dapat juga dilakukan penelitian untuk identifikasi telur retak menggunakan metode lainnya, pengembangan tampilan antarmuka yang jauh lebih baik, dan pelatihan dilakukan secara berulang kali sehingga menemukan data latih yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, *Telur ayam konsumsi*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.

- [2] A. Qur'ania, L. Karlitasari, dan S. Maryana, "Analisis tekstur dan ekstraksi fitur warna untuk klasifikasi apel berbasis citra," Dalam Prosiding Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir, 2012, 296 – 304.
- [3] E. N. Arrofiqoh dan Harintaka, "Implementasi metode convolutional neural network untuk klasifikasi tanaman pada citra resolusi tinggi," *Geomatika*, vol. 24, no. 2, hal. 61 – 68, 2018.
- [4] N. M. Setiohardjo dan A. Harjoko, "Analisis tekstur untuk klasifikasi motif kain (studi kasus kain tenun Nusa Tenggara Timur)," *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems (IJCSS)*, vol. 8, no. 2, hal. 177 – 188, 2014.
- [5] A. Fahrurozi, S. Madenda, Ernastuti, dan D. Kerami, "Wood texture features extraction by using GLCM combined with various edge detection methods," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 725, no. 1, hal. 1 – 11, 2016.
- [6] N. Purwaningsih, I. Soesanti, dan H. A. Nugroho, "Ekstraksi ciri tekstur citra kulit sapi berbasis co-occurrence matrix," *Jurnal Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia (Semnasteknomedia) Online*, vol. 3, no. 1, hal. 13 – 18, 2015.
- [7] J. J. Siang, *Jaringan syaraf tiruan dan pemrograman menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Andi, 2004.
- [8] H. Lazi, R. Efendi, dan E. P. Purwandari, "Deteksi warna kulit menggunakan model warna cielab neural network untuk identifikasi ras manusia (studi kasus ras: kaukasoid, mongoloid, dan negroid)," *Jurnal Rekursif*, vol. 5, no. 2, hal. 121 – 133, 2017.
- [9] A. Mardhiyah dan A. Harjoko. "Metode segmentasi paru-paru dan jantung pada citra x – ray thorax," *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*, vol.1, no. 2, hal. 35 – 44, 2011.
- [10] M. Widyaningsih, "Identifikasi kematangan buah apel dengan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)," *Jurnal Saintekom*, vol. 6, no. 1, hal. 71 – 88, 2016.

KESEIMBANGAN LINI PERAKITAN PRODUK *IRON TIPE HD-1172* MENGGUNAKAN METODE HEURISTIK PADA *LINE MAIN ASSY IRON* DI PT. SELARAS CITRA NUSANTARA PERKASA

¹Muhamad Andi, ²Syarifuddin Nasution

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

¹Odankchandra22@gmail.com, ²synasution@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Perusahaan yang ingin meningkatkan produktivitas sering mengalami kendala pada proses perakitan. Kendala yang sering dialami pada proses perakitan yaitu beban kerja yang tidak merata disetiap stasiun kerja dan waktu menganggur yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan penyeimbangan lini produksi menggunakan metode heuristik pada line main assy iron di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa. Hasil identifikasi menggunakan metode Ranked Positional Weight didapatkan jumlah stasiun kerja menjadi 9 stasiun kerja dengan 9 orang operator. Nilai efisiensi lintasan sebesar 98% dan nilai balance delay sebesar 2% serta nilai smoothness index sebesar 5,58. Hasil metode Kilbridge Wester didapatkan jumlah stasiun kerja menjadi 8 stasiun kerja dengan 8 orang operator. Nilai efisiensi lintasan sebesar 99% dan nilai balance delay sebesar 1% serta nilai smoothness index sebesar 6,21. Hasil metode Largest Candidate Rule didapatkan jumlah stasiun kerja menjadi 9 stasiun kerja dengan 9 orang operator. Nilai efisiensi lintasan sebesar 98% dan nilai balance delay sebesar 2% serta nilai smoothness index sebesar 5,58. Pengolahan data berdasarkan ketiga metode tersebut dapat dikatakan sangat baik. Terdapat hasil yang sama dari metode ranked positional weight dan metode largest candidate rule yaitu nilai efisiensi lintasan, balance delay dan smoothness index yang masing-masing memiliki nilai sebesar 98%, 2% dan 5,58.

Kata Kunci: keseimbangan lini, line main assy iron, proses produksi

Abstract

Companies that want to increase productivity often experience problems in the assembly process. Constraints that are often experienced in the assembly process are uneven workloads in each work station and high idle time. In this study identification of the balance of the production line was carried out using the heuristic method on the main assy iron line at PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa. The identification results using the method of ranking positional weight obtained the number of work stations to 9 work stations with 9 operators. The path efficiency value is 98% and the balance delay value is 2% and the smoothness index value is 5.58. The kilbridge wester method results obtained the number of work stations to 8 work stations with 8 operators. The track efficiency value is 99% and the balance delay value is 1% and the smoothness index value is 6.21. The results of the largest candidate rule method obtained the number of work stations to 9 work stations with 9 operators. The path efficiency value is 98% and the balance delay value is 2% and the smoothness index value is 5.58. Data processing based on these three methods can be said to be very good. There are the same results from the ranked positional weight method and the largest candidate rule method, namely the value of the track efficiency, balance delay and smoothness index, each of which has values of 98%, 2% and 5.58.

Keywords: line balance, line main assy iron, production process

PENDAHULUAN

PT Selaras Citra Perkasa Nusantara (SCNP) merupakan perusahaan yang bergerak dalam produk-produk peralatan elektronik rumah tangga. Seiring dengan berkembangnya kebutuhan manusia akan produk teknologi yang berfungsi untuk memfasilitasi estetika kerja dan teknologi manusia yang memberikan kenyamanan dan keindahan. Dalam menjalankan usahanya perusahaan tersebut melakukan perakitan dengan berbagai variasi alat elektronik sehingga dapat menyebabkan keterlambatan dalam perakitan alat elektronik tersebut. Hal tersebut dapat menyebabkan kerugian terhadap perusahaan karena waktu yang telah ditentukan tidak terpenuhi. Selain itu, dalam perakitan alat elektronik membutuhkan komponen yang bervariasi. Efisiensi kerja pada perakitan alat elektronik yang terlalu lama dapat menyebabkan ketidakseimbangan antar produk perakitan. Penumpukan dan pengangguran dalam proses perakitan menjadi lebih besar. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan keseimbangan lintasan perakitan dengan menggunakan *line balancing* [1,2].

Perusahaan manufaktur selalu bersaing meningkatkan produktivitas dalam memproduksi suatu produk yang dihasilkannya [3]. Perusahaan yang ingin meningkatkan produktivitas sering mengalami kendala pada proses perakitan. Kendala yang sering dialami pada proses perakitan yaitu seperti terdapat beban kerja yang tidak merata disetiap stasiun kerja dan waktu menganggur yang tinggi. Beban kerja

yang tidak merata disetiap stasiun kerja dan waktu menganggur yang tinggi akan menimbulkan permasalahan pada ketidakseimbangan waktu operasi disetiap stasiun kerja. Hal tersebut akan berpengaruh pada proses produksinya sehingga perlu dilakukan identifikasi keseimbangan lini produksi dan perakitan. Keseimbangan lini yaitu suatu teknik yang dapat menyelesaikan ketidakseimbangan pada lintasan dengan cara mengelompokkan elemen-elemen kerja yang saling berkaitan ke dalam beberapa stasiun kerja. Manfaat keseimbangan lini untuk memperoleh utilitas yang tinggi atas fasilitas, tenaga kerja dan peralatan melalui penyeimbangan waktu kerja antara stasiun kerja. Keseimbangan lini merupakan suatu cara untuk menyeimbangkan beban kerja pada operator dalam sebuah lintasan produksi dan meminimumkan waktu menganggur yang terdapat pada lintasan produksi [1,2].

Beberapa penelitian mengenai keseimbangan lini telah dilakukan. Penelitian mengenai penyeimbangan lintasan produksi dengan metode heuristik pada salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri mebel di Makasar dilakukan oleh Saiful, Mulyadi, dan Rahman. Penelitian tersebut menggunakan metode heuristik yang terdiri dari metode *Ranked Positional Weight*, metode *Large Candidate Rule*, dan metode *Region Approach*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perbaikan performa dengan nilai yang sama pada lintasan produksi pada ketiga metode heuristik yang digunakan untuk penyeimbangan

lintasan produksi. Nilai efisiensi lintasan meningkat menjadi 94,07% dari 62,71% pada kondisi sebelumnya. Nilai keseimbangan waktu senggang turun menjadi 5,92% dari 37,28% pada kondisi awal. Waktu menganggur turun menjadi 12,39 menit dari 116,87 menit pada kondisi awal. Nilai *smoothness index* juga turun menjadi 7,44 dari 64,67 pada kondisi awal [4].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Salim, Setiawan, dan Hartanti menggunakan gabungan pendekatan simulasi dan metode *Ranked Positional Weights* (RPW) untuk mengoptimalkan nilai efisiensi keseimbangan lintasan produksi di PT Wijaya Panca Sentosa Food. Nilai keseimbangan lintasan produksi pada sistem yang digunakan saat ini adalah 59,99% dengan 6 stasiun kerja. Nilai keseimbangan lintasan produksi dengan metode RPW dan pendekatan simulasi menghasilkan perbaikan nilai keseimbangan lintasan menjadi 94,64% dengan 3 stasiun kerja [5].

Batubara dan Nuradhi menggunakan *genetic algorithm* untuk mengidentifikasi keseimbangan lini produksi pada salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di industri komponen otomotif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kapasitas produksi dari 24 unit/hari menjadi 28 unit/hari walaupun target produksi sebanyak 30 unit/hari belum tercapai. *Completion time* pada penelitian tersebut sebesar 1032 detik/unit dengan jumlah stasiun kerja 7. Jadi, dengan *genetic algorithm* menghasilkan penghematan waktu sebesar 13.85% dan

meningkatkan efisiensi lini sebesar 16% [6].

Pada penelitian ini dilakukan penyeimbangan lini perakitan produk *iron* tipe HD-1172 pada *line main assy iron* di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa. Keseimbangan lini dianalisis pada *line main assy iron* dalam membuat produk *iron* tipe HD-1172 menggunakan metode *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Wester* dan *Large Candidate Rule*. Selanjutnya, pada penelitian ini juga dilakukan analisis perbandingan metode keseimbangan lini pada *line main assy iron* dalam memproduksi *iron* tipe HD-1172.

METODE PENELITIAN

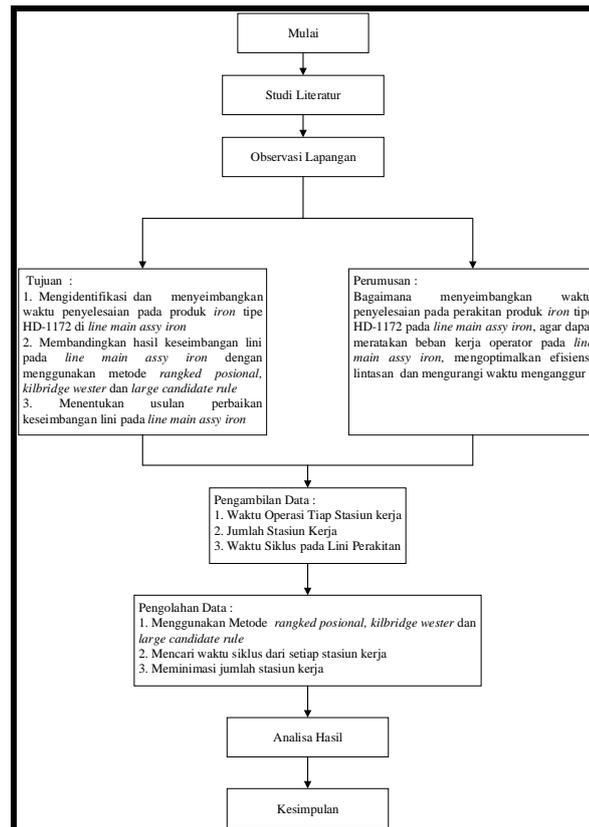
Metode penelitian digunakan untuk menjelaskan tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian secara lebih jelas. Gambar 1 merupakan tahapan-tahapan dari penelitian yang dilakukan.

Berdasarkan Gambar 1, tahap pertama yang dilakukan pada penelitian yaitu adalah melakukan atau mencari studi literatur. Pencarian studi literatur bertujuan untuk mengetahui landasan-landasan teori yang digunakan sebagai penunjang dalam membuat penelitian, agar dapat membantu dalam mengerjakan penelitian karena dapat memahami masalah yang sedang diteliti dan solusi yang akan diperbaikinya.

Tahap berikutnya yaitu melakukan pengamatan, dimana pengamatan dilakukan pada PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa.

Pengamatan yang dilakukan yaitu mengamati kondisi lintasan perakitan dan mengamati proses perakitan pada produk *iron* tipe-1172. Selanjutnya dilakukan penentuan tujuan dan mengindetifikasi masalah atau merumuskan masalah. Penentuan tujuan penelitian ini

merupakan acuan dalam melakukan penelitian. Tujuan dari penelitian yaitu identifikasi keseimbangan lini dan memberikan usulan perbaikan pada *line main assy iron*. Perumusan masalah merupakan tentang permasalahan yang akan dibahas dalam suatu penelitian.



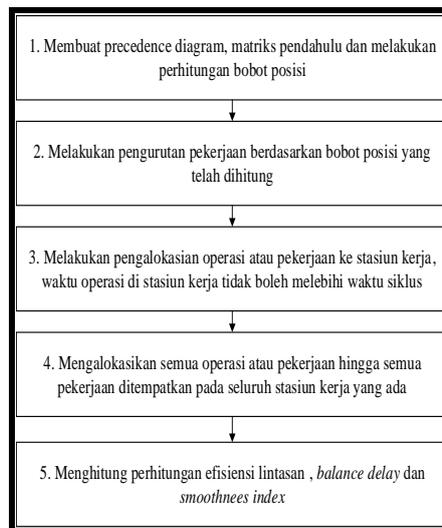
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Selanjutnya dilakukan penentuan tujuan dan mengindetifikasi masalah atau merumuskan masalah. Penentuan tujuan penelitian ini merupakan acuan dalam melakukan penelitian. Tujuan dari penelitian yaitu identifikasi keseimbangan lini dan memberikan usulan perbaikan pada *line main assy iron*. Perumusan masalah merupakan tentang permasalahan yang akan dibahas dalam suatu penelitian.

Pada tahapan berikutnya yaitu melakukan pengambilan data. Data yang diambil disini merupakan data yang dibutuhkan untuk keseimbangan lini yaitu jumlah stasiun kerja, waktu operasi pada setiap stasiun kerja, dan waktu siklus di lintasan yang diamati. Selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap data yang sudah tersedia menggunakan dan membandingkan antara metode, serta mencari

tingkat optimal lintasan dan meminimasi jumlah stasiun kerja yang diamati. Metode heuristik yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Wester* dan *Largest Candidate Rule*. Penyelesaian permasalahan dengan metode ini dilakukan untuk memberikan usulan perbaikan pada *line main assy iron*.

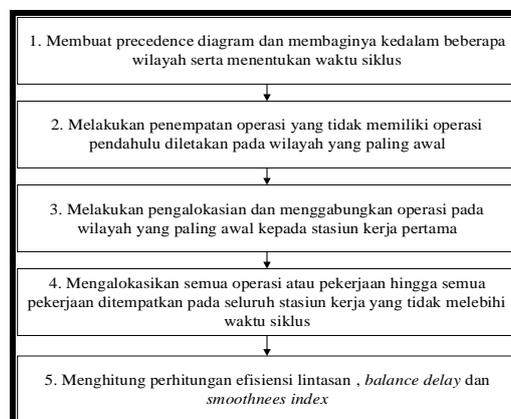
Metode *Ranked Positional Weight* dalam penentuan jumlah stasiun kerja dan pembagian pekerjaan dilakukan dengan pembobotan posisi pada tiap pekerjaan hingga pekerjaan-pekerjaan tersebut ditempatkan pada semua posisi [7]. Tahap metode *Ranked Positional Weight* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Metode *Ranked Positional Weight*

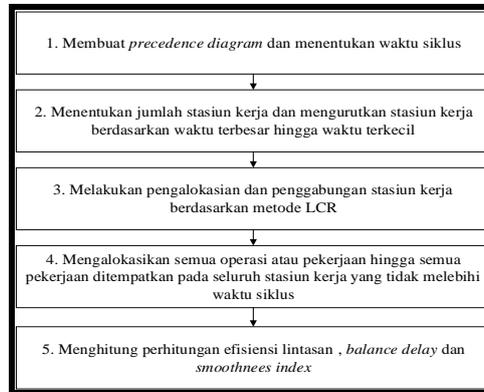
Metode *Kilbridge Wester* adalah metode yang prinsipnya berusaha membebaskan lebih dahulu operasi yang memiliki tanggung jawab

terdahulu [7]. Tahap metode *Kilbride Wester* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Metode *Kilbridge Wester*

Konsep dari metode *Largest Candidate Rule* adalah menggabungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi dari waktu proses terbesar hingga waktu operasi terkecil. Tahap metode *Largest Candidate Rule* dapat dilihat pada Gambar 4.



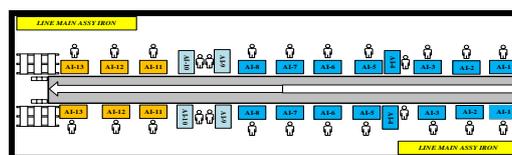
Gambar 4. Tahapan Metode *Largest Candidate Rule*

Setelah dilakukan identifikasi keseimbangan lini menggunakan *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Wester* dan *Largest Candidate Rule*, tahap berikutnya yaitu melakukan analisis hasil. Analisis merupakan penjabaran secara lebih lengkap mengenai hasil dari pengolahan data. Hasil akhir yang dianalisis yaitu antara lain nilai dari *balance delay*, nilai dari efisiensi lintasan dan nilai dari *smoothness index*. Tahap berikutnya yaitu melakukan kesimpulan dari hasil analisis dan dapat memberikan usulan perbaikan agar dapat mengurangi masalah pada keseimbangan lini pada *line main assy iron*.

Hasil Identifikasi Keseimbangan Lini pada *Line Main Assy Iron* di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa

PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa merupakan perusahaan yang memproduksi peralatan elektronik. Produk yang dihasilkan oleh perusahaan salah satunya yaitu produk *iron* tipe HD-1172. Proses perakitan *iron* tipe HD-1172 dilakukan pada *line main assy iron*. Komponen yang diperlukan dalam proses perakitan diperoleh dari beberapa *supplier* dan telah diproses pada *line sub-assy iron*. *Line sub-assy iron* menghasilkan komponen yaitu *soleplate* dan pemanas pada produk *iron* tipe HD-1172 sudah menyatu pada bagian *soleplate*. Gambar 5 merupakan *line main assy iron*.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 5. *Line Main Assy Iron*

Waktu operasi merupakan waktu yang dibutuhkan dalam membuat atau merakit satu produk. Waktu operasi pada produksi *iron* tipe HD-1172 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Operasi pada Lini Produksi *Iron* tipe HD-1172

No	Stasiun Kerja	Proses Operasi Kerja	Waktu Operasi (Detik)
1	AI-1	Memasang <i>Metal Cover</i> dan <i>Body Impressed</i>	16,22
2	AI-2	Pengencangan <i>Body Impressed</i>	11,70
3	AI-3	Pemasangan <i>Sems Screw C</i>	7,74
4	AI-4	Pemasangan <i>Grommet</i> pada <i>Flex Assy</i>	8,22
5	AI-5	Pemasangan <i>Flex assy</i>	11,10
6	AI-6	Pemasangan <i>Housing/Handle</i>	12,10
7	AI-7	pemasangan <i>Inlay/Dial</i>	10,47
8	AI-8	pemasangan <i>Backplate</i>	10,60
9	AI-9	Test Fungsi <i>Iron</i>	12,30
10	AI-10	Test fungsi dan Cek Visual <i>iron</i>	12,50
11	AI-11	Pengemasan pertama <i>iron</i>	10,15
12	AI-12	pengemasan Kedua <i>iron</i>	7,68
13	AI-13	Pengemasan <i>A Box</i>	12,77
TOTAL			143,55

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat 13 stasiun kerja yang melakukan proses perakitan pada produk *iron* tipe HD-1172 serta waktu operasi dari setiap proses perakitan produk *iron* tipe HD-1172. Sebagai contoh, proses perakitan pertama pada stasiun kerja AI-1 yaitu proses perakitan *metal cover* dan *body impressed/skirt* dan waktu operasi 16,22 detik. Waktu pengamatan pada *line main assy iron* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu Pengamatan pada *Line Main Assy Iron*

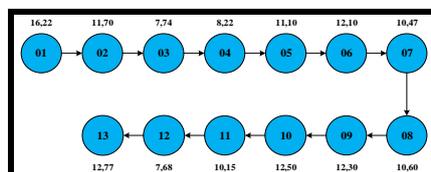
Stasiun Kerja	Stasiun Kerja	Keterangan Operasi Kerja	Waktu Pengamatan 1	Waktu Pengamatan 2	Waktu Pengamatan 3	Waktu rata-rata	Waktu total operasi (Detik)
AI-1	1	Subi/Sepat dan rok	2,10	2,10	2,09	2,10	16,22
	2	Prang/Metal Cover	3,37	3,36	3,38	3,37	
	3	Penang Body Impressed	1,56	1,56	1,57	1,56	
	4	Penang Terminal Screw ass	2,91	2,92	2,92	2,92	
	5	Penang Screw M 4x10	2,21	2,21	2,20	2,21	
	6	Letakkan ke Box container	1,07	1,06	1,06	1,06	
AI-2	7	Subi/Sepat dan rok	1,74	1,76	1,72	1,74	11,70
	8	Penang Body Impressed	1,98	1,97	1,97	1,97	
	9	Penang Body Impressed	1,85	1,85	1,84	1,85	
	10	Penang Screw M1 5x6	2,22	2,21	2,21	2,21	
	11	Penang Screw M1 5x7	2,23	2,24	2,25	2,24	
	12	Letakkan ke Box container	1,69	1,67	1,68	1,68	
AI-3	13	Subi/Sepat dan rok	2,21	2,20	2,20	2,20	7,74
	14	Penang Screw M1 5x7	3,32	3,31	3,32	3,32	
	15	Letakkan ke Box container	2,20	2,24	2,22	2,22	
AI-4	16	Subi/Grommet	1,82	1,80	1,79	1,80	8,22
	17	Subi/Flex assy	1,94	1,95	1,95	1,95	
	18	Memasang Flex assy dan terminal Grommet	2,14	2,12	2,12	2,12	
	19	Letakkan ke Box container	1,74	1,74	1,75	1,74	
AI-5	20	Subi/Sepat dan rok	1,81	1,82	1,83	1,82	11,10
	21	Prang/Flex assy	2,69	2,68	2,67	2,68	
	22	Penang Screw M1 5x6 dan Flex assy	2,39	2,40	2,42	2,40	
	23	Penang Screw M1 5x7 dan Flex assy	2,27	2,29	2,28	2,28	
	24	Letakkan ke Box container	3,00	3,06	3,08	3,08	
AI-6	25	Subi/Sepat dan rok	2,12	2,11	2,13	2,12	12,10
	26	Subi/dan penang Cover Handle	2,45	2,42	2,42	2,43	
	27	Penang Screw M1 5x6 dan Cover handle	2,32	2,31	2,31	2,32	
	28	Penang Screw M1 5x7 dan Cover handle	2,28	2,28	2,27	2,28	
	29	Letakkan ke Box container	1,95	1,96	1,95	1,95	
AI-7	30	Subi/Sepat dan rok	1,98	1,99	1,97	1,98	10,60
	31	Memasang handle dan Screw M1 5x11	2,22	2,21	2,21	2,22	
	32	Penang Dial pada Cover Handle	2,47	2,44	2,44	2,45	
	33	Letakkan ke Box container	1,96	1,98	1,97	1,97	
	34	Letakkan ke Box container	1,84	1,86	1,85	1,85	
	35	Letakkan ke Box container	1,89	1,87	1,88	1,86	
AI-8	36	Subi/Flex assy	2,54	2,52	2,53	2,53	10,60
	37	Prang/Backplate	2,39	2,41	2,40	2,40	
	38	Memasang Backplate Screw M 4x11	1,94	1,95	1,94	1,94	
	39	Letakkan ke Box container	1,85	1,86	1,85	1,85	
	40	Letakkan ke Box container	1,80	1,81	1,80	1,80	
AI-9	41	Subi/Sepat dan rok	1,85	1,84	1,84	1,84	12,30
	42	Memasang plug assy ke body main	1,48	1,45	1,45	1,46	
	43	Prang/terminal ass	3,00	3,00	3,00	3,00	
	44	Letakkan ke Box container	1,92	1,92	1,93	1,92	
	45	Subi/Sepat dan rok	1,76	1,76	1,77	1,76	
AI-10	46	Subi/Sepat dan rok	1,57	1,59	1,58	1,58	12,50
	47	Subi/Sepat dan rok	1,58	1,59	1,57	1,58	
	48	Subi/Sepat dan rok	1,50	1,50	1,51	1,50	
	49	Subi/Sepat dan rok	1,62	1,62	1,62	1,62	
	50	Prang/terminal pada assy	2,00	1,97	1,97	1,98	
	51	Letakkan ke Box container	1,60	1,58	1,76	1,60	

Stasiun Kerja	Operasi Kerja	Keterangan Operasi Kerja	Waktu Pengamatan			Waktu rata-rata (Dek)	Waktu total operasi (Dek)
			1	2	3		
AI-11	52	Rakit Fancy Box	2,12	2,11	2,13	2,12	10,15
	57	Manajemen besi ke dalam tray box	0,34	0,35	0,35	0,35	
	54	Manajemen Asesment	2,79	2,77	2,78	2,78	
	52	Tempel label pada fancy box	1,09	1,00	1,01	1,00	
AI-12	56	Manajemen Penyeras	2,62	2,58	2,60	2,60	7,68
	57	Tempel Fancy box	2,27	2,56	2,55	2,56	
	56	Selesai Fancy box	0,52	0,52	0,53	0,52	
AI-13	59	Asah A Box	1,32	1,34	1,30	1,32	12,77
	60	Rakit A box	1,29	1,30	1,31	1,30	
	61	Manajemen besi ke dalam A Box	2,90	2,87	2,87	2,88	
	62	Tempel A Box	1,32	1,33	1,34	1,33	
	63	Tempel A Box	1,28	1,27	1,27	1,27	
	64	Press Lubric	1,34	1,35	1,33	1,34	
	65	Manajemen A Box	0,88	0,89	0,87	0,88	
	66	Lubric di Pukul	0,46	0,45	0,45	0,45	
TOTAL							48,88

Tabel 2 merupakan tabel waktu pengamatan langsung pada *line main assy iron* yang dilakukan sebanyak tiga kali pengamatan pada 66 elemen kerja dari setiap stasiun kerja mulai dari AI-1 sampai dengan AI-13. Waktu yang digunakan yaitu waktu total operasi dan waktu operasi dari hasil pengamatan tersebut. Waktu total digunakan dalam menentukan waktu siklus yang akan digunakan dan waktu operasi digunakan untuk pengelompokan operasi kerja kedalam stasiun kerja minimum dalam pengolahan data.

Hasil Analisis Keseimbangan Lini Produksi Iron tipe HD-1172 dengan Menggunakan Metode *Ranked Positional Weight*

Tahapan pertama dalam metode *Ranked Positional Weight* yang harus dilakukan yaitu membuat diagram pendahulu atau *precedence diagram*. Data yang dibutuhkan dalam membuat *precedence diagram* yaitu urutan proses operasi dan waktu operasi. Pembuatan *precedence diagram* dimulai dengan membuat lingkaran, berisikan angka dalam urutan proses operasinya dan menempatkan waktu proses operasi diatas lingkaran.



Gambar 6. *Precedence Diagram* Dari *Line Main Assy Iron*

Gambar 6 merupakan *precedence diagram* dari *line main assy iron*. Setelah *precedence diagram* dibuat, tahap selanjutnya

dari metode *Ranked Positional Weight* yaitu membuat matriks pendahulu. Matriks pendahulu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Pendahulu

Operasi Pendahulu	Operasi Pengikut												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	–	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	–	1	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	–	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	–	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	–	1	1	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–

Tahap selanjutnya dari metode *Ranked Positional Weight* yaitu perhitungan bobot posisi. Hasil perhitungan bobot posisi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Bobot Posisi

Operasi Pendahulu	Operasi Pengikut												Jumlah	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
1	16,22	11,70	7,74	8,22	11,10	12,10	10,47	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	143,55
2	-	11,70	7,74	8,22	11,10	12,10	10,47	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	127,33
3	0	-	7,74	8,22	11,10	12,10	10,47	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	115,63
4	0	0	-	8,22	11,10	12,10	10,47	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	107,89
5	0	0	0	-	11,10	12,10	10,47	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	99,67
6	0	0	0	0	-	12,10	10,47	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	88,57
7	0	0	0	0	0	-	10,47	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	76,47
8	0	0	0	0	0	0	-	10,60	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	66,00
9	0	0	0	0	0	0	0	-	12,30	12,50	10,15	7,68	12,77	55,40
10	0	0	0	0	0	0	0	0	-	12,50	10,15	7,68	12,77	43,10
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	10,15	7,68	12,77	30,60
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	7,68	12,77	20,45
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	12,77	12,77

Setelah diperoleh hasil perhitungan bobot pengurutan bobot posisi. Hasil pengurutan posisi seperti pada Tabel 4, selanjutnya dilakukan bobot posisi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Prioritas Bobot Posisi

sebelum		Sesudah	
Operasi pendahulu	Jumlah	Operasi pendahulu	Jumlah
1	143,55	1	143,55
2	127,33	2	127,33
3	115,63	3	115,63
4	107,89	4	107,89
5	99,67	5	99,67
6	88,57	6	88,57
7	76,47	7	76,47
8	66,00	8	66,00
9	55,40	9	55,40
10	43,10	10	43,10
11	30,60	11	30,60
12	20,45	12	20,45
13	12,77	13	12,77

Tahap selanjutnya dilakukan pengalokasian di stasiun kerja tidak boleh melebihi waktu siklus. pekerjaan ke stasiun kerja dengan waktu operasi Perhitungan jumlah stasiun kerja sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 WS_{\min} &= \frac{\text{Jumlah Waktu Total Operasi}}{CT} \\
 &= \frac{143,55 \text{ detik}}{16,22 \text{ detik}} \\
 &= 8,85 \approx 9 \text{ stasiun kerja}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan jumlah stasiun kerja lalu dilakukan pengalokasian semua operasi atau kerja hingga semua pekerjaan ditempatkan pada 9 stasiun kerja.

Hasil Pengelompokkan Operasi atau Kerja dengan Metode *Ranked Positional Weight* dapat dilihat Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengelompokkan Operasi atau Kerja dengan Metode *Ranked Positional Weight*

Stasiun kerja	Operasi Kerja	Keterangan Operasi Kerja	Waktu Operasi (Detik)	Total waktu operasi (Detik)	CT (Detik)	Idle (Detik)	Efisiensi Stasiun	Stasiun kerja	Operasi Kerja	Keterangan Operasi Kerja	Waktu Operasi (Detik)	Total waktu operasi (Detik)	CT (Detik)	Idle (Detik)	Efisiensi Stasiun
AI-1	1	Ambl Solplate dari rak	2,10	16,22	16,22	0	100%	AI-6	45	Ambl solplate dari Conveyor	1,76	15,12	16,22	1,1	93%
	2	Pasang Metal Cover	3,37						46	Ambl dan pasang Backplate	2,40				
	3	Pasang Body Impressed	2,66						47	Ambl dan pasang dengan Screw n 6x12	1,94				
	4	Pasang Terminal Square nut	2,92						48	Cek Visual	1,58				
	5	Pasang screw M 4x10	3,21						49	Cek Komponen terpasang kuat	1,98				
6	Letakan hasil ke conveyor	1,96	50	Cek on/off	1,70										
AI-2	7	Ambl solplate dari Conveyor	1,75	15,02	16,22	1,2	93%	41	Pasang Label	1,84					
	8	Kewangkan Body Impressed depan	1,97					44	Letakan hasil ke conveyor	1,92					
	9	Kewangkan Body Impressed belakang	1,85					AI-7	40	Ambl solplate dari Conveyor	1,90	14,03	16,22	2,19	86%
	10	Pasang screw M3 5x6	2,21						42	masukan plug Assy kedalam Stop kontak	1,64				
	11	Pasang screw M3 5x7	2,24						43	proses testing iron	5,00				
14	Pasang Screw G M3 5x7	3,32	49	Tempel Stiker pada iron	1,98										
12	Letakan hasil ke conveyor	1,68	50	packing iron kedalam plastik	1,82										
AI-3	16	Ambl Grommet	1,80	14,7	16,22	1,52	91%	51	Letakan iron di atas meja packing	1,69					
	17	Ambl Flex Assy	1,95					AI-8	52	Rakit Fancy Box	3,12	15,31	16,22	0,91	94%
	18	Masukan Flex Assy kedalam Grommet	2,73						56	Merapikan Flex Assy	2,60				
	19	Letakan hasil diatas meja rak	1,74						53	Masukan iron kedalam Fancy Box	2,35				
	20	Ambl solplate dari Conveyor	1,82						54	Masukan Accessoris	2,78				
21	Pasang Flex Assy	2,68	55	tempel stiker pada Fancy Box	1,90										
AI-4	25	Ambl solplate dari Conveyor	2,12	14,4	16,22	1,82	89%	57	Tutup Fancy Box	2,56					
	22	Pasang Screw M3 5x7 kanan Flex Assy	2,40					AI-9	58	Susun Fancy Box	2,52	15,29	16,22	0,93	94%
	23	Pasang Screw M3 5x7 kanan Flex Assy	2,22						59	Ambl A Box	1,32				
	26	Ambl dan pasang Close Handle	2,43						60	Rakit A Box	1,30				
	28	Pasang Screw M3 5x7 belakang handle	2,78						61	Masukan iron kedalam A Box	2,88				
29	Letakan hasil ke conveyor	1,95	62	Temp A Box	1,33										
AI-5	30	Ambl solplate dari Conveyor	1,98	15,32	16,22	0,9	95%	63	Stampel A Box	1,27					
	27	Pasang Screw M3 5x7 depan handle	2,32					64	Proses Lakhun	1,34					
	31	Kewangkan Handle dan Screw M3 n 6x	2,22					65	Persiapan A Box	0,88					
	32	Pasang Dhal pada Close Handle	2,45					66	Letakan di Pallet	2,45					
	36	Ambl Flex Assy	2,53												
33	Ambl hasil dari JIG	1,97													
34	Letakan hasil ke conveyor	1,85													

Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan *idle*, efisiensi stasiun kerja, efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothness index*. Contoh

perhitungan *idle*, efisiensi stasiun kerja, efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothness index* yang pertama sebagai berikut:

$$Idle = Waktu Siklus - Waktu Operasi = 16,22 \text{ detik} - 15,02 \text{ detik} = 1,2 \text{ detik}$$

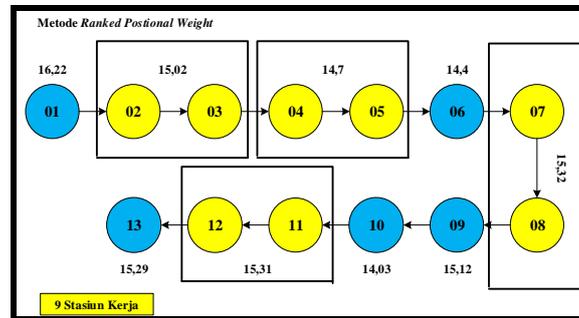
$$Efisiensi \text{ stasiun kerja} = \frac{Waktu \text{ Operasi}}{Waktu \text{ Siklus}} \times 100\% = \frac{15,02}{16,22} \times 100\% = 93 \%$$

$$Efisiensi \text{ lintasan} = \frac{Jumlah \text{ Waktu Total Operasi}}{Jumlah \text{ Stasiun Kerja} \times Waktu \text{ Siklus}} \times 100\% = \frac{143,55 \text{ detik}}{9 \text{ stasiun kerja} \times 16,22 \text{ detik}} \times 100\% = 98 \%$$

$$Balance \text{ delay} = 100\% - Efisiensi \text{ Lintasan} = 100\% - 98 \% = 2 \%$$

$$Smoothness \text{ index (SI)} = \sqrt{\sum (Waktu \text{ Siklus} - S_i)^2} = \sqrt{(16,22 - 16,22)^2 + (16,22 - 15,02)^2 + \dots + (16,22 - 15,29)^2} = 5,58$$

Dengan metode *Ranked Positional Weight* stasiun kerja seperti yang dapat dilihat *Weight* diperoleh hasil pengelompokan Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengelompokan Stasiun Kerja Menggunakan Metode *Ranked Positional Weight*

Hasil Keseimbangan Lini dengan Metode *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Wester* dan *Largest Candidate Rule*

Hasil pengolahan data untuk keseimbangan lini pada *line main assy iron*

dalam memproduksi produk *iron* tipe HD-1172 dengan metode *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Wester* dan *Largest Candidate Rule* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Keseimbangan Lini dengan Metode *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Wester* dan *Largest Candidate Rule*

Metode	Jumlah Stasiun Kerja	Jumlah Operator	Efisiensi Lintasan	Balance Delay	Smoothness Index
<i>Ranked Positional Weight</i>	9	9	98%	2%	5,58
<i>Kilbridge Wester</i>	8	8	99%	1%	6,21
<i>Largest Candidate Rule</i>	9	9	98%	2%	5,58

Berdasarkan Tabel 7, metode yang terpilih yaitu metode *Kilbridge Wester* dengan meminimumkan stasiun kerja dari 13 stasiun kerja menjadi 8 stasiun kerja dari ketiga metode yang telah digunakan pada *line main assy iron* dalam memproduksi produk *iron* tipe HD-1172. Walaupun nilai *smoothness index* sedikit lebih besar dari kedua metode yang lain, tetapi metode *Kilbridge Wester* mendapatkan nilai efisiensi lintasan dan

balance delay lebih baik daripada metode *Ranked Positional Weight* dan *Largest Candidate Rule*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian telah dilakukan pada *line main assy iron* untuk proses produksi *iron* tipe HD-1172 di PT.Selaras Citra Nusantara Perkasa. Berdasarkan identifikasi keseimbangan

lini pada *line main assy iron* dapat diketahui yaitu ada 13 stasiun kerja yang menghasilkan produk *iron* tipe HD-1172 dan waktu proses operasi dari setiap stasiun kerja. Waktu penyelesaian pada stasiun kerja pertama sebesar 16,22 detik, stasiun kerja kedua sebesar 11,70 detik, stasiun kerja ketiga sebesar 7,74 detik, stasiun kerja keempat sebesar 8,22 detik, stasiun kerja kelima sebesar 11,10 detik, stasiun kerja keenam sebesar 12,10 detik, stasiun kerja ketujuh sebesar 10,47 detik, stasiun kerja kedelapan sebesar 10,60 detik, stasiun kerja kesembilan sebesar 12,30 detik, stasiun kerja kesepuluh sebesar 12,50 detik, stasiun kerja kesebelas sebesar 10,15 detik, stasiun kerja kedua belas sebesar 7,68 detik dan stasiun kerja ketiga belas sebesar 12,77 detik.

Hasil pengolahan data untuk permasalahan keseimbangan lini pada *line main assy iron* proses produksi *iron* tipe HD-1172, menggunakan metode *Ranked Positional Weight* didapatkan hasil jumlah stasiun kerja menjadi 9 stasiun kerja dengan 9 orang operator. Nilai efisiensi lintasan yang diperoleh sebesar 98% dan nilai *balance delay* sebesar 2% serta nilai *smoothness index* sebesar 5,58. Pengolahan data menggunakan metode *Kilbridge Wester* didapatkan hasil jumlah stasiun kerja menjadi 8 stasiun kerja dengan 8 orang operator. Nilai efisiensi lintasan yang diperoleh sebesar 99% dan nilai *balance delay* sebesar 1% serta nilai *smoothness index* sebesar 6,21. Pengolahan data dengan menggunakan metode *Largest Candidate Rule* didapatkan hasil jumlah

stasiun kerja menjadi 9 stasiun kerja dengan 9 orang operator. Nilai efisiensi lintasan yang diperoleh sebesar 98% dan nilai *balance delay* sebesar 2% serta nilai *smoothness index* sebesar 5,58. Pengolahan data berdasarkan ketiga metode tersebut dapat dikatakan sangat baik, dari ketiga metode tersebut terdapat hasil yang sama dari dua metode yaitu metode *Ranked Positional Weight* dan Metode *Largest Candidate Rule*. Hasil yang sama yaitu pada nilai efisiensi lintasan, *balance delay* dan *smoothness index* yang masing-masing memiliki nilai sebesar 98%, 2% dan 5,58

Berdasarkan ketiga metode yang telah digunakan pada *line main assy iron* dalam memproduksi produk *iron* tipe HD-1172 yaitu metode *Ranked Positional Weight*, *Kilbridge Wester* dan *Largest Candidate Rule*. Metode yang terpilih yaitu metode *Kilbridge Wester* dengan meminimumkan stasiun kerja dari 13 stasiun kerja menjadi 8 stasiun kerja. Walaupun nilai *smoothnes* sedikit lebih besar dari kedua metode tersebut, tetapi metode *Kilbridge Wester* mendapatkan nilai efisiensi lintasan yang lebih besar dan *balance delay* lebih dari metode *Ranked Positional Weight* dan *Largest Candidate Rule*.

Perusahaan diharapkan dapat memperbaiki masalah keseimbangan lini pada *line main assy iron* untuk proses produksi *iron* tipe HD-1172 di PT. Selaras Citra Nusantara Perkasa. Perusahaan dapat melakukan penerapan menggunakan metode terpilih yaitu metode *Kilbridge Wester* dengan cara meminimasi

stasiun kerja dari 13 stasiun kerja menjadi 8 stasiun kerja yang dikerjakan oleh 8 operator. Dengan metode tersebut dapat menyeimbangkan beban kerja operator dan meningkatkan efisiensi lintasan serta mengurangi *balance delay* pada *line main assy iron* untuk proses produksi *iron* tipe HD-1172. Pada penelitian lebih lanjut dapat menggunakan metode lain dalam melakukan identifikasi keseimbangan lini produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Gaspersz, *Operation planning and inventory control*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2004.
- [2] A. H. Nasution, *Perencanaan dan pengendalian produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2008.
- [3] S. Hartini, *Teknik mencapai produksi optimal*. Bandung: CV. Lubuk Agung, 2011.
- [4] Saiful, Mulyadi, dan T. M. Rahman, “Penyeimbangan lintasan produksi dengan metode heuristik (studi kasus PT XYZ Makassar),” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 15, no. 2, hal. 182 – 190, 2014.
- [5] H. K. Salim, K. Setiawan, dan L. P. S. Hartanti, “Perancangan keseimbangan lintasan produksi menggunakan pendekatan simulasi dan metode ranked positional weights,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. xi, no. 1, hal. 53 – 60, 2016.
- [6] S. Batubara dan F. Nuradhi, “Penyeimbangan perakitan menggunakan generic algorithm untuk meningkatkan kapasitas produksi,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 7 no. 2, hal. 105 – 118, 2017.
- [7] A. H. Halim, *Perencanaan dan pengendalian produksi: keseimbangan lintasan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2003.

PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK CV. VIO BURGER DENGAN MENGGUNAKAN MODEL *SUPPLY CHAIN OPERATION REFERENCE* (SCOR) DAN METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* (AHP)

¹Agustini Nurhandayani, ²Asep Mohamad Noor

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
¹agustinin97@gmail.com, ²asepnoor@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Perkembangan dunia industri menimbulkan persaingan yang kompleks antar perusahaan. Perusahaan harus mampu memenuhi tuntutan pasar sehingga dapat menciptakan keunggulan kompetitif. Oleh karena itu diperlukan evaluasi dan pengukuran kinerja secara menyeluruh terhadap semua aspek yang berkaitan dengan kinerja perusahaan. Pengukuran kinerja rantai pasok dilakukan di CV. Vio Burger yang memproduksi roti burger menggunakan model Supply Chain Operation Reference (SCOR) dan metode Analytical Hierachy Process (AHP). Terdapat 5 proses inti yang dinilai, yaitu plan, source, make, deliver, dan return yang terangkum dalam kerangka penilaian kinerja rantai pasok. Pengukuran kinerja rantai pasok CV. Vio Burger dilakukan pada 26 indikator. Secara keseluruhan kinerja rantai pasok CV. Vio Burger belum baik karena nilainya di bawah 80. Usulan perbaikan dilakukan pada indikator kinerja level 3 yang berada di zona merah berdasarkan traffic light system. Indikator kinerja yang berada di zona merah adalah indikator Plan Employee Reliability (PER), Source Employee Reliability (SER), Supplier Delivery Lead Time (SDLT), Product Failure in Weighing Process (PFWP), Product Failure in Mixing Process (PFMP), Product Failure in Pressing Process (PFPP, Product Failure in Fermentation Process (PFFP), Weighing Production Time (WPT), Mixing Production Time (MPT), Pressing Production Time (PPT), Fermentation Production Time (FPT), dan Baking Production Time (BPT).

Kata Kunci: Analytical hierachy process, kinerja, rantai pasok, supply chain operation reference

Abstract

The development of the industrial world raises complex competition between companies. Companies must be able to meet market demands so that they can create competitive advantages. Therefore, overall evaluation and measurement of performance is needed on all aspects related to company performance. Measurement of supply chain performance is carried out at CV. Vio Burger which produces burger bread uses the model of Supply Chain Operation Reference (SCOR) and Analytical Hierachy Process (AHP) methods. The SCOR model is used because SCOR is a process-based model, where by analyzing and decomposing the process, SCOR can objectively measure supply chain performance and can identify improvements that need to be made. The AHP method was chosen because this method is quite well-known in ranking indicators based on several criteria. There are 5 core processes assessed, namely plan, source, make, deliver, and return summarized in the framework of supply chain performance assessment. Measurement of supply chain performance CV. Vio Burger is done on 26 indicators. Overall, the supply chain performance of CV. Vio Burger is not good because the value is below 80. Proposed improvements are made to level 3 performance indicators in the red zone based on the traffic light system. Performance indicators in the red zone are Plan Employee Reliability (PER), Source Employee Reliability (SER), Supplier Delivery Lead Time (SDLT), Product Failure in Weighing Process (PFWP), Product Failure in Mixing Process (PFMP), Product Failure in Pressing Process (PFPP, Product Failure in Fermentation Process

(*PFFP*), *Weighing Production Time (WPT)*, *Mixing Production Time (MPT)*, *Pressing Production Time (PPT)*, *Fermentation Production Time (FPT)*, and *Baking Production Time (BPT)*).

Keywords: *Analytical hierachy process, performance, supply chain, supply chain operation reference*

PENDAHULUAN

Rantai pasok adalah suatu jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan produk ke tangan pemakai akhir. Perusahaan-perusahaan tersebut adalah pemasok, pabrik, distributor, toko atau ritel, dan perusahaan-perusahaan pendukung seperti perusahaan jasa logistik. Pendekatan proses dalam merancang sistem pengukuran kinerja rantai pasok memungkinkan dalam mengidentifikasi indikator kinerja pada suatu proses sehingga dapat diambil tindakan koreksi. Pendekatan proses tersebut menggunakan model *Supply Chain Operation Reference (SCOR)*. SCOR adalah suatu model acuan dari operasi rantai pasok yang berdasarkan proses dan secara menyeluruh. Pembobotan indikator dilakukan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. AHP adalah salah satu metode yang digunakan dalam meranking alternatif berdasarkan beberapa kriteria sehingga dapat diketahui kinerja rantai pasok yang perlu diperbaiki [1].

Penelitian mengenai model SCOR dan metode AHP untuk menilai kinerja *supply chain* telah dilakukan sebelumnya, yaitu pada perusahaan *stamping* selama 6 bulan dimulai dari bulan April 2011 sampai September 2011. Teori SCOR digunakan untuk indikator penilaian

dari operasi rantai pasok yang berdasarkan proses dan secara menyeluruh, sedangkan teori mengenai AHP digunakan untuk menghitung pembobotan setiap indikator-nya. Hasil dari penelitian tersebut adalah terdapat 28 indikator yang sesuai dengan perusahaan *stamping*. Nilai kinerja rantai pasok bulan April adalah 78,81, nilai kinerja rantai pasok bulan Mei adalah 85,19, nilai kinerja rantai pasok bulan Juni adalah 84,39, nilai kinerja rantai pasok bulan Juli adalah 83,48, nilai kinerja rantai pasok bulan Agustus adalah 86,74, dan nilai kinerja rantai pasok bulan September adalah 86. Evaluasi dilakukan pada indikator yang memiliki nilai kecil, yaitu indikator *internal relationship, plan employee reliability, supplier delivery performance, supplier reliability, supplier delivery lead time, product in repairing process,* dan *welding production time* [2].

Model SCOR penting digunakan dalam melakukan pengukuran kinerja rantai pasok karena SCOR merupakan model yang berdasarkan proses, dimana dengan melakukan analisis dan dekomposisi proses, SCOR dapat mengukur kinerja rantai pasok secara objektif berdasarkan data yang ada serta dapat mengidentifikasi perbaikan yang perlu dilakukan untuk menciptakan keunggulan bersaing. Metode AHP penting digunakan karena indikator dalam pengukuran kinerja rantai pasok memerlukan bobot untuk perhitungan-

nya. Metode AHP dipilih karena metode ini cukup terkenal untuk digunakan dalam meranking alternatif atau indikator berdasarkan beberapa kriteria yang ada [1].

Peneliti melakukan penelitian di CV. Vio Burger yang bergerak dalam industri makanan, yaitu memproduksi roti untuk burger. CV. Vio Burger telah menerapkan konsep manajemen rantai pasok untuk mengatur aliran barang dari pemasok sampai produk diterima oleh konsumen, namun selama ini CV. Vio Burger belum pernah melakukan evaluasi dan pengukuran kinerja rantai pasok sehingga tidak diketahui performansi rantai pasok dan terkadang terjadi beberapa permasalahan.

Manajemen rantai pasok pertama kali dikemukakan oleh Oliver & Weber pada tahun 1982. Menurut Fortune Magazine manajemen rantai pasok adalah proses dimana perusahaan memindahkan material, komponen, dan produk ke pelanggan sedangkan menurut Martin manajemen rantai pasok adalah jaringan organisasi yang melibatkan hubungan *upstream* dan *downstream* dalam proses dan aktivitas yang berbeda yang memberi nilai dalam bentuk produk dan jasa pada pelanggan [3]. Manajemen rantai pasok mempunyai 2 tujuan. Tujuan pertama, yaitu manajemen rantai pasok menyangkut pertimbangan mengenai lokasi di setiap fasilitas yang memiliki dampak terhadap aktivitas dan biaya dalam rangka memproduksi produk yang diinginkan pelanggan dari pemasok, pabrik, sampai disimpan di gudang dan pendistribusiannya ke pusat penjualan. Tujuan kedua, yaitu

mencapai efisiensi aktivitas dan biaya seluruh sistem, total biaya sistem dari transportasi hingga distribusi persediaan bahan baku, proses kerja, dan barang jadi [4].

Penilaian kinerja didefinisikan sebagai proses kualifikasi efisiensi dan efektivitas suatu tindakan. Ukuran kinerja dapat didefinisikan sebagai metrik yang digunakan untuk mengukur efisiensi dan atau efektivitas suatu tindakan [5]. Penilaian kinerja perusahaan berlanjut, berkembang, dan mencakup pendekatan dan penilaian kuantitatif dan kualitatif. Berbagai ukuran kinerja sangat tergantung pada tujuan, strategi, dan karakteristik organisasi atau unit bisnis [6]. Pengukuran kinerja dilakukan dengan menilai parameter-parameter kinerja, seperti manajemen aset, profitabilitas, tingkat pelayanan, dan waktu pengiriman. Atribut kinerja adalah pengelompokan metrik yang digunakan untuk menyatakan strategi. Terdapat lima atribut kinerja dalam SCOR, yaitu keandalan (*reliability*), kecepatan dalam merespon (*responsiveness*), ketangkasan (*agility*), biaya (*cost*), dan manajemen aset (*asset management*) [7]. Tingkat pemenuhan performansi didefinisikan oleh normalisasi dari indikator performansi tersebut. Setiap indikator memiliki bobot yang berbeda dengan skala ukuran yang berbeda pula, maka diperlukan proses penyamaan parameter, yaitu dengan cara normalisasi. Proses normalisasi dilakukan dengan rumus normalisasi Snorm De Boer [8].

SCOR adalah suatu model acuan dari operasi rantai pasok. SCOR pada dasarnya

merupakan model yang berdasarkan proses. Model ini mengintegrasikan tiga elemen utama dalam manajemen, yaitu *business process reengineering*, *benchmarking*, dan *process measurement* ke dalam kerangka lintas fungsi dalam rantai pasok. SCOR memiliki tiga hierarki proses yang menunjukkan bahwa SCOR melakukan dekomposisi proses dari umum ke detail. Tiga level tersebut, yaitu level 1, level 2, dan level 3. Level 1 adalah level tertinggi yang memberikan definisi umum dari proses *plan*, *source*, *make*, *deliver*, dan *return*. Level 2 disebut sebagai *configuration level* dimana rantai pasok perusahaan dapat dikonfigurasi berdasarkan sekitar 30 proses inti dimana perusahaan dapat membentuk konfigurasi saat ini maupun yang diinginkan. Level 3 mengandung definisi elemen proses, input, output, metrik masing-masing elemen proses serta referensi (*benchmark* dan *best practice*) [1].

AHP adalah suatu metode pengambilan keputusan dengan cara memecah situasi yang kompleks dan tak terstruktur ke dalam beberapa bagian komponennya dan menatanya dalam susunan hierarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang relatif pentingnya suatu variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut [9]. AHP merupakan alat yang sudah umum digunakan untuk menyelesaikan permasalahan masalah pengambilan keputusan yang terdiri dari *multi criteria*. Keputusan

dalam pembuatan prioritas memerlukan langkah-langkah dalam pembuatannya. Langkah pertama, mendefinisikan masalah dan tujuan yang ingin didapat pada penelitian. Langkah kedua, membuat struktur hierarki dari tujuan umum, sub tujuan, kriteria, dan kemungkinan alternatif dari kriteria terbawah. Langkah ketiga, membuat matriks berpasangan untuk menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap elemen yang setingkat di atasnya berdasarkan pertimbangan pengambil keputusan terhadap suatu elemen. Langkah keempat, melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh seluruh pertimbangan. Langkah kelima, melakukan langkah ketiga dan keempat untuk setiap hierarki. Langkah keenam, menghitung bobot dari setiap elemen dari matriks berpasangan. Langkah terakhir, memeriksa inkonsistensi hierarki, jika nilainya lebih dari 10% maka penilaian harus diulangi [10].

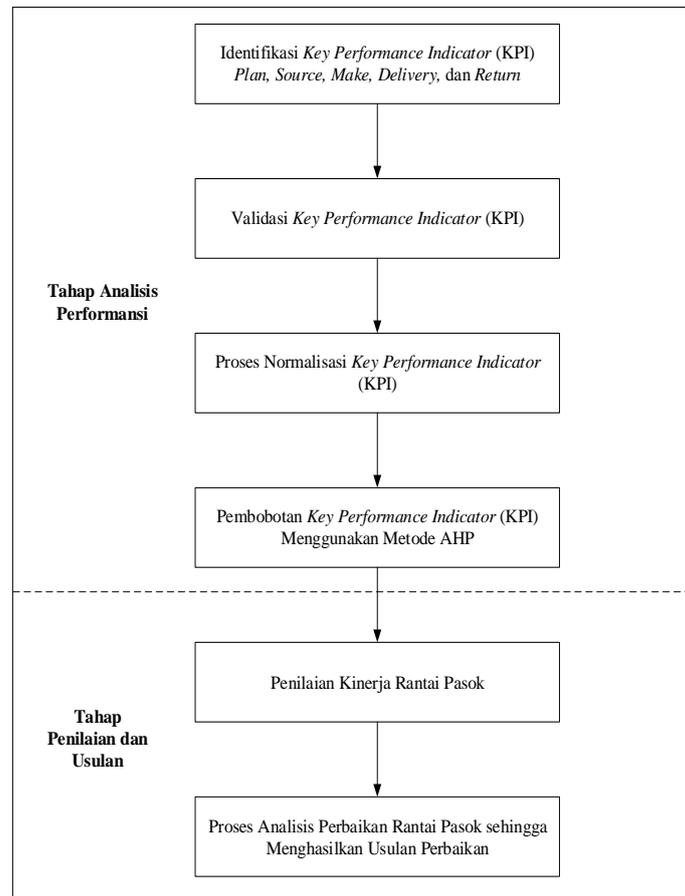
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kinerja rantai pasok dilakukan di CV. Vio Burger yang memproduksi roti burger. Pengukuran kinerja menggunakan model *Supply Chain Operation Reference* (SCOR) dan metode *Analytical Hierachy Process* (AHP).

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini langkah pertama adalah mengidentifikasi *Key Performace Indicator* (KPI) *plan*, *source*, *make*, *delivery* dan *return*. Pada langkah selanjutnya dilakukan

validasi dan normalisasi. Pembobotan KPI dilakukan untuk mengetahui indikator yang paling berpengaruh. Langkah berikutnya adalah menilai rantai pasok dan menganalisisnya

serta mengusulkan perbaikan yang dapat dilakukan agar kinerja rantai pasok lebih baik dari sebelumnya. Seluruh rangkaian metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Supply Chain Operation Reference (SCOR) terstruktur ke dalam 5 proses inti, yaitu *plan*,

source, *make*, *deliver*, dan *return*. Lima proses inti tersebut dapat dijabarkan menjadi beberapa indikator kinerja. Tabel 1 merupakan indikator kinerja berdasarkan lima proses inti SCOR.

Tabel 1. Indikator Kinerja Rantai Pasok

No. KPI	Key Performance Indicator	Keterangan
A.		<i>Plan</i>
A.1		<i>Reliability</i>
A.1.1	<i>Forecast Inaccuracy (FIA)</i>	Presentase penyimpangan permintaan aktual dengan

		permintaan hasil peramalan
A.1.2	<i>Percentages of Production Unit to Production Planning (PPUPP)</i>	Persentase kesesuaian jumlah unit hasil produksi dengan unit yang telah direncanakan (<i>Work Order</i>)
A.1.3	<i>Finished Good Inventory Level (FGIL)</i>	Level persediaan barang jadi yang ada di gudang dibandingkan keseluruhan output produksi
A.1.4	<i>Internal Relationships (INTR)</i>	Hubungan antar bagian dalam perusahaan secara internal yang dapat mempengaruhi perencanaan
A.1.5	<i>Plan Employee Reliability (PER)</i>	Kehandalan tenaga kerja yang terkait dengan proses perencanaan
A.1.6	<i>Order Entry Method (OEM)</i>	Tingkat kemudahan prosedur dalam mengeluarkan surat permintaan
A.2	<i>Responsiveness</i>	
A.2.1	<i>Product Development Cycle (PDC)</i>	Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian dan pengembangan untuk menemukan jenis produk terbaru
A.2.2	<i>Time to Market Production Schedule (TMPS)</i>	Waktu yang dibutuhkan untuk membuat dan menyusun jadwal produksi
A.2.3	<i>Time to Revise Production Schedule (TRPS)</i>	Waktu yang dibutuhkan untuk merubah dan merevisi jadwal produksi jika produksi tidak sesuai target
B.	<i>Source</i>	
B.1	<i>Reliability</i>	
B.1.1	<i>Supplier Delivery Performance (SDP)</i>	Tingkat ketepatan waktu pengiriman order oleh pemasok
B.1.2	<i>Supplier Source Fill Rate (SSFR)</i>	Persentase jumlah permintaan yang dapat dipenuhi pemasok
B.1.3	<i>Percentages of Correct Quantity of Order Deliveries (PCOOD)</i>	Persentase ketepatan jumlah unit pengiriman sesuai dengan yang dipesan dari pemasok
B.1.4	<i>Source Employee Reliability (SER)</i>	Kehandalan tenaga kerja yang terkait dengan proses pengadaan
B.1.5	<i>Supplier Relationship (SRS)</i>	Kualitas hubungan dengan pemasok dilihat dari bagaimana kerjasama dalam pemecahan masalah
B.1.6	<i>Supplier Reliability (SRB)</i>	Keandalan dari pemasok dilihat dari sistem kualitas, tingkat stabilitas yang diberikan
B.2	<i>Responsiveness</i>	
B.2.1	<i>Supplier Delivery Lead Time (SDLT)</i>	Waktu pengiriman order oleh pemasok mulai dari pemesanan sampai barang diterima
B.2.2	<i>Supplier Responsiveness to Order Revision (SROR)</i>	Waktu yang dibutuhkan pemasok untuk memenuhi permintaan jika terjadi perubahan jumlah permintaan
B.2.3	<i>Purchase Order Cycle Time (POCT)</i>	Waktu yang dibutuhkan untuk menerbitkan surat permintaan (<i>purchase order</i>) ke pemasok
B.3	<i>Flexibility</i>	
B.3.1	<i>Supplier Flexibility of Order Quantity (SFOQ)</i>	Volume atau jumlah peningkatan permintaan material yang dapat dipenuhi pemasok
B.3.2	<i>Supplier Flexibility of Order Unit Type (SFOUT)</i>	Banyaknya peningkatan permintaan jenis material yang dapat dipenuhi oleh pemasok
B.3.3	<i>Minimum Order Quantity (MOQ)</i>	Jumlah minimum kuantitas permintaan material untuk setiap order yang dapat dipenuhi oleh pemasok
C.	<i>Make</i>	
C.1	<i>Reliability</i>	
C.1.1	<i>Product Failure in Weighing</i>	Persentase produk yang cacat pada proses penimbangan

	<i>Process (PFWP)</i>	
C.1.2	<i>Product Failure in Mixing Process (PFMP)</i>	Presentase produk yang cacat pada proses pencampuran
C.1.3	<i>Product Failure in Stirring Process (PFSP)</i>	Presentase produk yang cacat pada proses pengadukan
C.1.4	<i>Product Failure in Pressing Process (PFPP)</i>	Presentase produk yang cacat pada proses pembentukan adonan
C.1.5	<i>Product Failure in Fermentation Process (PFFP)</i>	Presentase produk yang cacat pada proses fermentasi
C.1.6	<i>Product Failure in Baking Process (PFBP)</i>	Presentase produk yang cacat pada proses pemanggangan
C.1.7	<i>Material Efficiency (YIELD)</i>	Tingkat efisiensi material yang digunakan pada proses produksi
C.1.8	<i>Make Employee Reliability (MER)</i>	Kehandalan tenaga kerja yang dapat mendukung jalannya proses produksi
C.2	<i>Responsiveness</i>	
C.2.1	<i>Weighing Production Time (WPT)</i>	Waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses penimbangan
C.2.2	<i>Mixing Production Time (MPT)</i>	Waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses pencampuran
C.2.3	<i>Stirring Production Time (SPT)</i>	Waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses pengadukan
C.2.4	<i>Pressing Production Time (PPT)</i>	Waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses pembentukan adonan
C.2.5	<i>Fermentation Production Time (FPT)</i>	Waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses fermentasi
C.2.6	<i>Baking Production Time (BPT)</i>	Waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses pemanggangan
C.2.7	<i>Machine Setup Time (MST)</i>	Waktu <i>set-up</i> yang dibutuhkan oleh mesin pada saat mulai produksi dan saat terjadi perubahan pengaturan produk
C.3	<i>Flexibility</i>	
C.3.1	<i>Production Volume Flexibility (PVF)</i>	Presentase peningkatan jumlah produksi yang dapat dipenuhi dalam kurun waktu tertentu
C.3.2	<i>Production Item Flexibility (PIF)</i>	Presentase peningkatan jumlah variasi jenis produk yang dapat dipenuhi
C.3.3	<i>Material Substitutability (MSB)</i>	Tingkat fleksibilitas material produk untuk dapat digantikan dengan material lain
D.	<i>Deliver</i>	
D.1	<i>Reliability</i>	
D.1.1	<i>Delivery Fill Rate (DFR)</i>	Presentase jumlah permintaan yang dapat dipenuhi perusahaan
D.1.2	<i>Number of Item Faultiness Delivery (NIFD)</i>	Jumlah pengiriman yang salah dilihat dari item yang diminta
D.2	<i>Responsiveness</i>	
D.2.1	<i>Delivery Lead Time (DLT)</i>	Waktu yang dibutuhkan sejak adanya permintaan sampai barang diambil atau diterima
D.2.2	<i>Response to Number of Urgent Deliveries (RNUD)</i>	Kecepatan reaksi dalam menangani adanya pengiriman permintaan yang mendadak
D.3	<i>Flexibility</i>	
D.3.1	<i>Minimum Delivery Quantity</i>	Jumlah minimum kuantitas yang bisa dipenuhi dalam setiap

	(MDQ)	pengiriman
E.	<i>Return</i>	
E.1	<i>Reliability</i>	
E.1.1	<i>Supplier Material Defect Rate (SMDR)</i>	Presentase rata-rata jumlah material yang cacat yang dikembalikan ke pemasok
E.1.2	<i>Number of Customer Complaint (NOC)</i>	Jumlah keluhan yang disampaikan oleh pelanggan
E.2	<i>Responsiveness</i>	
E.2.1	<i>Supplier Material Replacement Time (SMRT)</i>	Waktu yang dibutuhkan pemasok untuk mengganti material yang cacat
E.2.2	<i>Time to Solve a Complaint (TSC)</i>	Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk mengatasi komplain dari pelanggan

Nilai pembobotan setiap indikator kinerja didapatkan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Tahap awal yang dilakukan dalam pembobotan ini adalah dengan membuat kuesioner perbandingan (*pairwise comparison*) yang diisi oleh responden terkait.

Data yang diperoleh dari hasil kuesioner perbandingan kemudian dihitung bobot setiap indikatornya menggunakan perangkat lunak *Expert Choice*. Tabel 2 merupakan bobot setiap indikator kinerja berdasarkan hasil pengolahan perangkat lunak *Expert Choice*.

Tabel 2. Bobot Indikator Kinerja

Indikator Kinerja Level 1	Bobot Level 1	Indikator Kinerja Level 2	Bobot Level 2	Indikator Kinerja Level 3	Bobot Level 3
<i>Plan</i>	0.086	<i>Reliability</i>	1	INTR	0.667
				PER	0.333
<i>Source</i>	0.317	<i>Reliability</i>	0.25	SDP	0.278
				SSFR	0.175
				SER	0.115
				SRS	0.189
				SRB	0.243
		<i>Responsiveness</i>	0.75	SDLT	0.333
				SROR	0.667
<i>Make</i>	0.377	<i>Reliability</i>	0.8	PFWP	0.069
				PFMP	0.053
				PFSP	0.154
				PFPP	0.062
				PFFP	0.083
				PFBP	0.158
				YIELD	0.177
		<i>Responsiveness</i>	0.2	WPT	0.132
				MPT	0.123
				SPT	0.225
				PPT	0.144
				FPT	0.13
				BPT	0.246
<i>Deliver</i>	0.133	<i>Reliability</i>	1	DFR	0.667
				NIFD	0.333
<i>Return</i>	0.086	<i>Reliability</i>	1	SMDR	1

Bobot indikator kinerja dan skor normalisasi sudah diketahui, maka dapat dilakukan perhitungan kinerja rantai pasok. Nilai kinerja rantai pasok didapatkan dengan cara mengalikan setiap skor normalisasi dengan setiap bobot indikator kinerja. Nilai kinerja yang akan dihitung terlebih dahulu adalah

kinerja level 3. Setelah menghitung kinerja level 3 selanjutnya dihitung nilai kinerja level 2 yang merupakan penjumlahan dari indeks kinerja level 3 yang dikelompokkan per dimensi. Nilai kinerja level 2 digunakan sebagai masukan dalam menghitung indeks kinerja level 2. Tabel 3 merupakan nilai kinerja level 2.

Tabel 3. Nilai Kinerja Level 2

	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
<i>Plan</i>												
<i>Reliability</i>	25.01	41.68	41.68	25.01	25.01	33.33	33.33	50	50	50	50	58.33
<i>Source</i>												
<i>Reliability</i>	17.89	19.38	19.87	18.38	18.88	20.59	19.87	19.38	21.09	21.09	21.09	20.1
<i>Responsiveness</i>	13.33	16.96	19.73	20.26	19.73	22.5	19.73	21.12	22.51	22.5	22.5	22.5
<i>Make</i>												
<i>Reliability</i>	72.34	72.35	72.35	72.34	72.34	72.35	72.34	72.35	72.34	72.34	72.34	72.35
<i>Responsiveness</i>	13.34	12.51	13.18	15.04	6.4	15.77	10.02	13.12	14.54	11.24	14.75	13.32
<i>Deliver</i>												
<i>Reliability</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Return</i>												
<i>Reliability</i>	100	82	85	95	100	83	78	81	100	100	100	100

Berdasarkan rangkuman nilai indikator kinerja level 2 pada Tabel 3, nilai *reliability* pada *plan*, *reliability* dan *responsiveness* pada *source*, serta *responsiveness* pada *make* kurang memuaskan karena nilai setiap bulannya berada di bawah 60 sehingga

membutuhkan perhatian khusus untuk meningkatkan nilai tersebut. Nilai *reliability* pada *make*, *deliver*, dan *return* sudah baik karena berada di atas 60. Tabel 4 merupakan nilai kinerja keseluruhan rantai pasok CV. Vio Burger.

Tabel 4. Nilai Kinerja Keseluruhan

	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November
Nilai	66,25	67,45	68,98	68,81	65,97	70,19
	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
Nilai	66,48	69,63	72,77	71,53	72,85	72,72

Berdasarkan data pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan kinerja rantai pasok CV. Vio Burger belum baik. Hal

ini terlihat dari nilai kinerja rantai pasok bulan Juni 2017 sampai bulan Mei 2018 masih di bawah 80. Nilai kinerja terbaik adalah bulan

April, yaitu 72,85 dan nilai kinerja terburuk adalah bulan Oktober, yaitu 65,97.

Traffic light system merupakan sistem untuk menganalisa apakah nilai kinerja dari suatu indikator kinerja sudah memenuhi target dari perusahaan atau masih perlu dilakukan perbaikan. Sistem ini terdiri dari tiga warna untuk mengidentifikasi setiap indikator kinerja, yaitu merah, kuning, dan hijau. Warna merah menunjukkan pencapaian dari suatu indikator kinerja jauh di bawah target yang telah ditetapkan dan perlu dilakukan perbaikan dengan segera. Warna merah ditetapkan bagi indikator kinerja yang memiliki nilai kinerja lebih kecil dari 10. Warna kuning menunjukkan pencapaian dari suatu indikator kinerja yang belum mencapai target yang ditentukan perusahaan,

walaupun sudah mendekati target tersebut. Oleh karena itu, perusahaan diharapkan terus mengontrol kinerjanya sekaligus berupaya untuk melakukan perbaikan. Warna kuning ditetapkan bagi indikator kinerja yang memiliki nilai kinerja lebih besar dari 10 dan lebih kecil sama dengan 20. Warna hijau menunjukkan pencapaian dari suatu indikator kinerja yang telah mencapai target yang ditentukan perusahaan, namun perusahaan tetap harus bisa mempertahankan kinerja dan pencapaian tersebut. Warna hijau ditetapkan bagi indikator kinerja yang memiliki nilai kinerja lebih besar dari 20. Berdasarkan kriteria tersebut diperoleh *traffic light system* indikator kinerja level 3 yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Traffic Light System* Indikator Kinerja Level 3

Bulan	Indikator Warna			Jumlah
	Merah	Kuning	Hijau	
Juni	10	12	4	26
Juli	9	11	6	26
Agustus	9	10	7	26
September	9	13	4	26
Oktober	10	12	4	26
November	8	13	5	26
Desember	9	12	5	26
Januari	8	11	7	26
Februari	8	12	6	26
Maret	8	12	6	26
April	8	11	7	26
Mei	8	11	7	26

Berdasarkan *traffic light system* indikator kinerja level 3 pada Tabel 5, secara umum kinerja rantai pasok CV. Vio Burger bulan

Juni 2017 sampai Mei 2018 belum cukup baik dimana terlihat masih banyak indikator yang berada di zona merah dan kuning. Indikator

kinerja yang berada di zona merah adalah indikator *Plan Employee Reliability* (PER) bulan Juni sampai Oktober, *Source Employee Reliability* (SER) bulan Juni sampai Mei, *Supplier Delivery Lead Time* (SDLT) bulan Juni dan September, *Product Failure in Weighing Process* (PFWP) bulan Juni sampai Mei, *Product Failure in Mixing Process* (PFMP) bulan Juni sampai Mei, *Product Failure in Pressing Process* (PFPP) bulan Juni sampai Mei, *Product Failure in Fermentation Process* (PFFP) bulan Juni sampai Mei, *Weighing Production Time* (WPT) bulan Juli, Agustus, dan Oktober sampai Mei, *Mixing Production Time* (MPT) bulan Juni sampai Mei, *Pressing Production Time* (PPT) bulan Oktober dan Desember, *Fermentation Production Time* (FPT) bulan Juni sampai Mei, dan *Baking Production Time* (BPT) bulan Juni dan Oktober.

Usulan perbaikan dilakukan pada indikator level 3 yang berada pada zona merah. Indikator *Plan Employee Reliability* (PER) merupakan keandalan tenaga kerja yang terkait dengan proses perencanaan dimana indikator ini melibatkan karyawan bagian perencanaan. Usulan perbaikan untuk indikator ini adalah dengan cara melakukan pelatihan dan evaluasi secara berkala terhadap karyawan yang terlibat dengan perencanaan, serta membuat *key performance index*. *Key performance index* tersebut harus dicapai oleh karyawan pada jangka waktu yang ditentukan, misalnya setiap bulan dimana jika *key performance index* tersebut tercapai, maka

karyawan diberikan penghargaan sedangkan jika tidak tercapai, maka karyawan diberikan peringatan atau hukuman.

Indikator *Source Employee Reliability* (SER) merupakan keandalan tenaga kerja yang terkait dengan proses pengadaan dimana indikator ini melibatkan karyawan bagian pengadaan. Usulan perbaikan untuk indikator ini adalah dengan cara melakukan pelatihan dan evaluasi secara berkala terhadap karyawan yang terlibat dengan pengadaan, serta membuat *key performance index*. *Key performance index* tersebut harus dicapai oleh karyawan pada jangka waktu yang ditentukan, misalnya setiap bulan dimana jika *key performance index* tersebut tercapai, maka karyawan diberikan penghargaan sedangkan jika tidak tercapai, maka karyawan diberikan peringatan atau hukuman

Indikator *Supplier Delivery Lead Time* (SDLT) merupakan waktu pengiriman pemesanan oleh pemasok mulai dari pemesanan sampai barang diterima. Indikator ini berada di zona merah karena pemasok seringkali mengalami keterlambatan dalam pengiriman bahan baku sehingga usulan perbaikannya adalah perusahaan mencari alternatif pemasok dan membuat perencanaan terhadap hal-hal yang tidak terduga, misalnya menyiapkan *safety stock*.

Indikator *Product Failure in Weighing Process* (PFWP) merupakan presentase produk yang *reject* pada proses penimbangan. Proses penimbangan dilakukan secara manual oleh karyawan menggunakan timbangan sehingga

produk yang cacat berupa berat kurang atau lebih tergantung dari kehandalan karyawan dan ketepatan timbangan. Usulan perbaikannya adalah dengan cara melakukan pelatihan dan evaluasi secara berkala terhadap karyawan, serta membuat *key performance index*. Ketelitian karyawan juga harus ditingkatkan dengan cara memenuhi kebutuhan gizi serta istirahat yang cukup.

Indikator *Product Failure in Mixing Process* (PFMP) merupakan presentase produk yang *reject* pada proses pencampuran. Proses pencampuran dilakukan secara manual oleh karyawan sehingga produk yang cacat tergantung dari kehandalan karyawan. Usulan perbaikannya adalah dengan cara melakukan pelatihan dan evaluasi secara berkala terhadap karyawan, serta membuat *key performance index*. Ketelitian karyawan juga harus ditingkatkan dengan cara memenuhi kebutuhan gizi serta istirahat yang cukup.

Indikator *Product Failure in Pressing Process* (PFPP) merupakan presentase produk yang *reject* pada proses pembentukan adonan. Proses pembentukan adonan dilakukan secara manual oleh karyawan sehingga produk yang cacat tergantung dari kehandalan karyawan. Usulan perbaikannya adalah dengan cara melakukan pelatihan dan evaluasi secara berkala terhadap karyawan, serta membuat *key performance index*. Ketelitian karyawan juga harus ditingkatkan dengan cara memenuhi kebutuhan gizi, nutrisi, serta istirahat yang cukup.

Indikator *Product Failure in Fermentation Process* (PFFP) merupakan presentase produk yang *reject* pada proses fermentasi. Kecacatan produk pada proses fermentasi umumnya berupa adonan yang belum terfermentasi secara sempurna karena waktu yang tidak tepat. Usulan perbaikannya adalah dengan cara membuat waktu standar untuk proses fermentasi sehingga waktu fermentasi tidak berkurang atau lebih.

Indikator *Weighing Production Time* (WPT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses penimbangan. Indikator *Mixing Production Time* (MPT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses pencampuran. Indikator *Pressing Production Time* (PPT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses pembentukan adonan. Indikator *Fermentation Production Time* (FPT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses fermentasi. Indikator *Baking Production Time* (BPT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan pada proses pemanggang-an. Permasalahan pada indikator tersebut adalah sama, yaitu pada waktu prosesnya. Hal tersebut dikarena waktu proses selama mem-produksi roti adalah waktu perkiraan, sehingga usulan perbaikannya adalah dengan membuat waktu standar untuk setiap proses sehingga tidak ada waktu proses yang terlalu cepat maupun terlalu lama. Pemasangan sinyal berupa warna dan suara untuk setiap proses yang sudah diatur waktu standarnya juga dapat dilakukan untuk

mengingatkan karyawan supaya proses tepat waktu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengukuran kinerja rantai pasok dilakukan pada 26 indikator yang sesuai dengan keadaan perusahaan tempat penelitian dilakukan, yaitu CV. Vio Burger. Usulan perbaikan dilakukan pada indikator kinerja level 3 yang berada di zona merah berdasarkan *traffic light system*. Usulan perbaikan untuk indikator *Plan Employee Reliability* (PER) dan *Source Employee Reliability* (SER) adalah dengan cara melakukan pelatihan dan evaluasi secara berkala terhadap karyawan yang terlibat dengan perencanaan dan pengadaan, serta membuat *key performance index*. Usulan perbaikan untuk indikator *Supplier Delivery Lead Time* (SDLT) adalah perusahaan mencari alternatif pemasok dan membuat perencanaan terhadap hal-hal yang tidak terduga, misalnya menyiapkan *safety stock*. Usulan perbaikan untuk indikator *Product Failure in Weighing Process* (PFWP), *Product Failure in Mixing Process* (PFMP), dan *Product Failure in Pressing Process* (PFPP) adalah dengan cara melakukan pelatihan dan evaluasi secara berkala terhadap karyawan, serta membuat *key performance index* dan meningkatkan ketelitian karyawan. Usulan perbaikan untuk indikator *Product Failure in Fermentation Process* (PFFP), *Weighing Production Time* (WPT), *Mixing Production Time* (MPT),

Pressing Production Time (PPT), *Fermentation Production Time* (FPT), *Baking Production Time* (BPT) adalah dengan membuat waktu standar untuk setiap proses.

Pada penelitian lebih lanjut, penilaian kinerja sebaiknya dilakukan secara periodik sehingga dapat dilakukan perbaikan secara terus-menerus. Kerangka penilaian rantai pasok selalu disesuaikan dengan keadaan terbaru perusahaan. Perusahaan sebaiknya menyusun semua informasi dan data secara lengkap, mudah diakses, dan terdokumentasi supaya mudah dalam mengumpulkan data untuk menilai kinerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Pujawan and Mahendrawathi, *Supply chain management*. Surabaya: Guna Widya, 2015.
- [2] M. Irvan, "Implementasi sistem penilaian kinerja supply chain pada perusahaan stamping," Skripsi, Universitas Indonesia, Depok, 2011.
- [3] D. Panggabean, "Analisis logistik dengan menggunakan konsep supply chain management di PT. Perkebunan Nusantara III Gunung Para," Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009.
- [4] R. Indrajit, *Konsep manajemen supply chain*. Jakarta: Grasindo, 2002.
- [5] F. Chan, "Performance measurement in a supply chain," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*

- volume*, vol. 21, no. 7, hal. 534 – 548, 2003.
- [6] W. Anggraeni, “Pengukuran kinerja pengelolaan rantai pasok pada PT. Crown Closerues Indonesia,” Skripsi, Universitas Gunadarma, Jakarta, 2009.
- [7] J. Paul, *Transformasi rantai suplai dengan model SCOR 15 tahun aplikasi praktis lintas industri*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo (Penerbit PPM), 2014.
- [8] L. D. Wigaringtyas, “Pengukuran kinerja supply chain dengan pendekatan Supply Chain Operation Reference (SCOR) (studi kasus UKM Batik Sekar Arum, Pajang, Surakarta),” Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2013.
- [9] P. Bolstorff and R. Rosenbaum, *Supply chain excellence, a handbook for dramatic improvement using the SCOR model*. New York: Amacom, 2012.
- [10] T. Saaty, *Pengambilan keputusan bagi para pemimpin*. Jakarta: PT. Pustaka Binaman Pressindo, 1991.

PENGUJIAN WAHANA UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) AMPHI-FLY EVO 1.0 UNTUK MISI PENCARIAN DAN PENYELAMATAN

¹Mustafa Dwi Prasetyo, ²Mohamad Yamin

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

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

¹mustafa@student.gunadarma.ac.id, ²mohay@staff.gunadarma.ac.id.

Abstrak

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan sebuah wahana udara jenis *fixed-wing*, *rotary-wing*, ataupun pesawat yang mampu mengudara pada jalur yang ditentukan tanpa kendali langsung oleh pilot. UAV dapat digunakan untuk membantu kinerja dari BASARNAS, BNPPD dalam proses pencarian dan penyelamatan korban bencana. Untuk menunjang kegiatan tersebut, UAV harus melewati pengujian terlebih dahulu. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap wahana UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 yang meliputi pengujian terhadap frame, propeller udara, kamera, transmitter, GPS, baterai dan sensor accelerometer. Pengujian dilakukan meliputi frame, propeller, kamera, transmitter dan uji gerak. Disamping itu dilakukan juga pengujian GPS, menggunakan software mission planner, pengujian baterai pada throttle 0%, 25% dan 50%. Pengujian sensor accelerometer pada posisi wahana secara datar, bergerak kekanan dan kekiri, bergerak maju dan juga mundur pada ketinggian sekitar 6.40 meter. Seluruh pengujian memberikan hasil yang baik dan memuaskan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas frame cukup aman digunakan dan propeller udara dapat menopang bobot wahana secara keseluruhan. Jarak pandang ideal kamera baru mencapai 10 meter meskipun jarak maksimal 30 meter. Tuas pada transmitter dapat berfungsi dengan baik. GPS yang digunakan juga akurat dalam menunjukkan posisi wahana. Baterai dengan arus 5A yang digunakan juga memenuhi kebutuhan. Sensor accelerometer cukup responsif terhadap perubahan pergerakan wahana.

Kata Kunci: ArduPilot, Mission Planner, Simulasi dan Pengujian, UAV

Abstract

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) is a *fixed-wing*, *rotary-wing*, or airplane type that is able to air on a specified path without direct control by the pilot. UAV can be used to help the performance of BASARNAS, BNPPD in the process of finding and rescuing disaster victims. To support these activities, UAVs must pass through the first testing. In this study, testing of AMPHI-FLY Evo 1.0 UAV rides includes testing of frames, air propellers, cameras, transmitters, GPS, batteries and accelerometer sensors. Tests carried out include the frame, propeller, camera, transmitter and motion test. Besides that GPS testing is also done, using mission planner software, battery testing at throttle 0%, 25% and 50%. Testing the accelerometer sensor on the vehicle's position flat, moving right and left, moving forward and also backward at an altitude of about 6.40 meters. All tests give good and satisfying results. The test results show that the frame quality is safe enough to use and the air propeller can support the overall weight of the vehicle. The ideal viewing distance of the camera is only 10 meters even though the maximum distance is 30 meters. The lever on the transmitter can function properly. The GPS used is also accurate in showing the position of the vehicle. Batteries with a current of 5A used also meet the needs. The accelerometer sensor is quite responsive to changes in vehicle movement.

Keywords: ArduPilot, Mission Planner, Simulation and Testing, UAV

PENDAHULUAN

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau *Unmanned Aircraft System* (UAS) merupakan pesawat terbang tanpa awak yang memanfaatkan gaya aerodinamik untuk terbang baik secara autonomous atau dikendalikan jarak jauh dengan maupun tanpa muatan [1,2]. Secara umum UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dapat diartikan sebuah wahana udara jenis *fixed-wing*, *rotary-wing*, ataupun pesawat yang mampu mengudara pada jalur yang ditentukan tanpa kendali langsung oleh pilot. Teknologi UAV sudah banyak di aplikasikan untuk pemantauan lingkungan dan keamanan, pengawasan meteorologi, riset cuaca, agrikultur, eksplorasi dan eksploitasi bahan-bahan mineral bahkan untuk kepentingan militer [3]. Selain itu pula UAV digunakan oleh BASARNAS (Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan), BNPD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah), dan instansi lainnya dalam misi pencarian dan penyelamatan bencana atau pun kecelakaan.

UAV terdiri dari beberapa subsistem avionik berupa peralatan elektronik penerbangan yang meliputi sistem komunikasi, navigasi dan indikator serta manajemen sistem [4]. Avionik dapat berupa sistem autopilot, GSC

(Ground Control System), dan Telemetri [5]. Penelitian mengenai UAV telah banyak dikembangkan terutama mengenai sistem navigasi otomatis. Sistem kendali UAV telah dikembangkan menggunakan GPS dengan *waypoint* sebagai acuan untuk terbang [6].

Tahap penting yang perlu dilakukan sebelum UAV digunakan adalah tahap pengujian. Tujuan dari penelitian ini adalah simulasi dan pengujian sebuah wahana UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 di lab. CAR, Universitas Gunadarma, yang telah didesain untuk beroperasi di udara, darat, dan air. Pengujian faktual yang dilakukan meliputi pengujian kamera, *transmitter*, gerak, GPS, baterai, dan juga *accelerometer*. Pada *Frame*, dan *propeller* dilakukan simulasi dengan menggunakan Software Solidwork 2018. Pengujian GPS, baterai, dan juga *accelerometer* dilakukan menggunakan software Ardupilot secara aktual agar fungsionalitasnya dapat dipastikan berfungsi dengan baik.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, wahana yang akan diuji merupakan UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

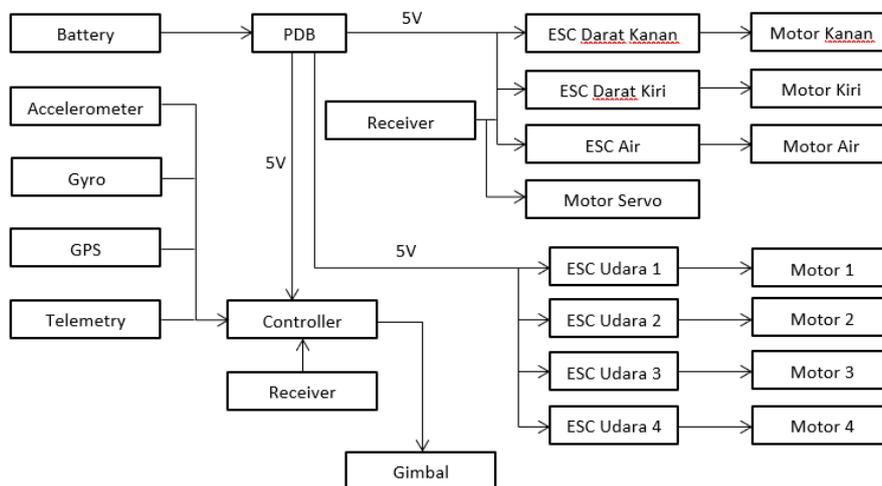


Gambar 1. UAV AMPHI-FLY Evo1.0

Wahana UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 dibentuk dari kerangka yang terbuat dari bahan Acrylonitrile butadiene styrene (ABS). Dimensi Wahana berukuran panjang X lebar x tinggi secara berurutan adalah 400 mm x 400 mm x 200 mm dengan titik sumbu di setiap 4 buah motornya. Massa dari wahana yakni 2.8 kg. Komponen wahana tersebut meliputi motor listrik Brushless DC, motor tarot 2814 (700 KV), Brushed motor ITO IRS-540, motor servo, Electronic Speed Controller

(ESC) 50A, baterai bertegangan 5000 mAh, Propeller carbon fiber 10 x 6 in dan Propeller pitch tetap, Flight Controller APM, Transmitter dan Receiver. Selain itu wahana juga dilengkapi dengan kamera 1000 TVL, V-Belt, Mur dan Baut, Main Body, Stopper, Roller, Motor Brushless mounting, Buoy support, Buoy, Tube hub, Mount Frame serta Mount Roller.

Blok diagram elektronika pada wahana UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Blok Diagram Komponen Elektronik UAV AMPHI-FLY Evo1.0

Software mission planer digunakan untuk merencanakan misi atau mengisi *firmware* pada wahana. *Software mission planer* yang di gunakan untuk menghubungkan antara laptop dengan ardupilot mega atau APM 2.6. Software dapat memantau semua status dari wahana baik ketinggian, jalur terbang, status baterai, dan lainnya. Penambahan Kit Telemetri bertujuan agar dapat melacak wahana secara *real time*, atau bahkan meng-

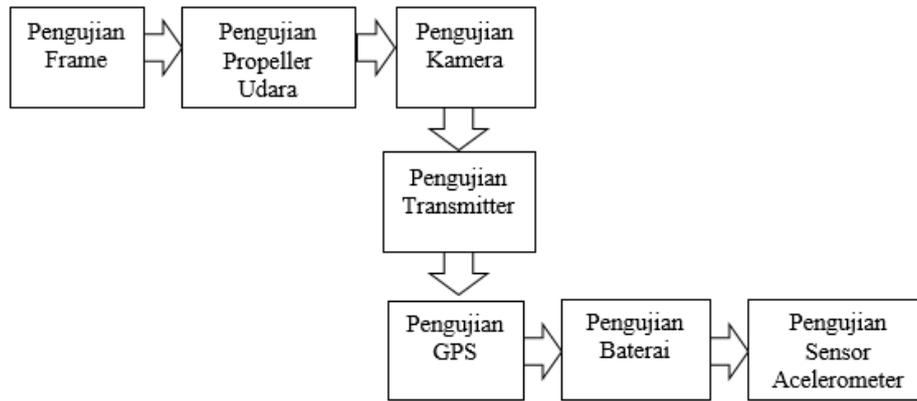
ubah misi saat wahana UAV sedang berada di udara.

Pengujian pada wahana UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 dilakukan terhadap frame, propeller udara, kamera, transmitter, GPS, baterai dan sensor accelerometer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

Berdasarkan pada Gambar 3, pengujian diawali dengan menguji frame wahana. Pengujian *propeller* pada wahana di-

lakukan untuk mengetahui kecepatan aliran udara yang terjadi serta mendapatkan koefisien *lift* dari propeller yang digunakan. Langkah selanjut-nya adalah pengujian

kamera. GPS dan baterai. Pengujian sensor accelerometer dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sensor terhadap wahana yang berbeda.



Gambar 3. Langkah-langkah pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Frame*

Pengujian *frame* ini sangat penting karena *frame* berfungsi sebagai tubuh *drone* yang menghubungkan lengan dengan komponen

pada tubuh *quadcopter*. *Frame* juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan baterai, main bord, prosessor, kamera, sensor, motor, dan lain-lain. Pada Gambar 4 ditunjukkan gambar *frame* pandangan atas dan arah gaya yang bekerja pada *frame*.



a. ukuran *Frame* Pandangan Atas

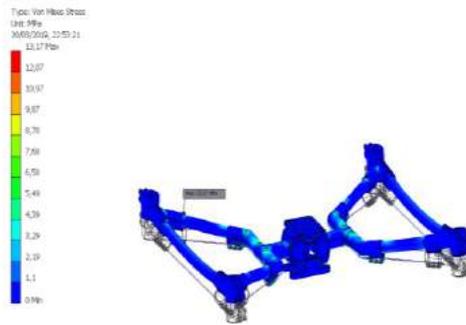


b. arah Gaya pada *Frame*

Gambar 4. *Frame* wahana UAV AMPHI-FLY Evo1.0

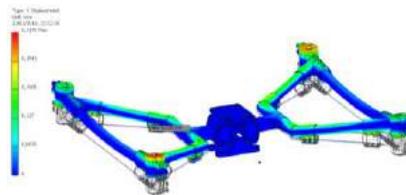
Von Misses Stress yang terjadi pada *frame* wahana UAV AMPHI-FLY Evo1.0 sebesar 13.17 MPa masih lebih kecil dari *Yield*

Strength sebesar 20 MPa. Pada Gambar 5 berikut ditunjukkan *Von Misses Stress* wahana dengan warna biru menunjukkan *stress* yang kecil.

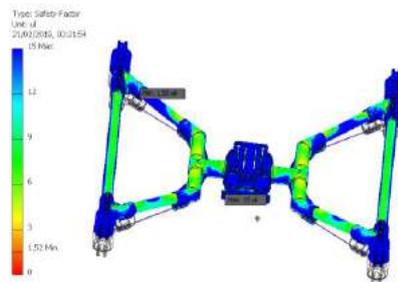


Gambar 5. *Von Misses Stress*

Berdasarkan hasil percobaan simulasi dengan menggunakan Inventor 2018 dengan material di atas yang digunakan adalah material *ABS* dan diberikan beban sebesar 27,468 N dan 12,474 N terjadi *displacement* maksimal yang terdapat pada wahana sebesar 0,3176 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. *Displacement*



Gambar 7. *Safety Factor*

Pada Gambar 7 ditunjukkan nilai *safety factor* dari hasil pengujian wahana. Nilai maksimal yang dihasilkan pada *safety factor* adalah 15 yang ditunjukkan dengan warna biru. Nilai minimal pada *safety factor* adalah 1,52 ditunjukkan pada

warna merah maka kualitas produk ini masih cukup aman digunakan.

Pengujian *Propeller* Udara

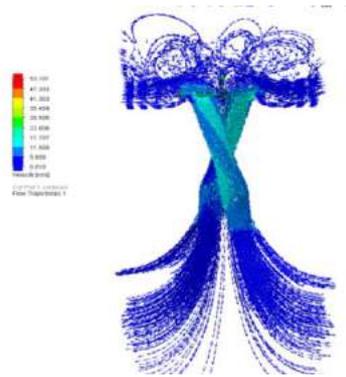
Pengujian *propeller* pada wahana dilakukan untuk mengetahui kecepatan aliran

udara yang terjadi akibat rotasi yang dihasilkan dari putaran yang terjadi. Selain itu didapat juga nilai dari koefisien *lift* dari propeller yang digunakan. Hasil pengujian *propeller* pada wahana diberikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Simulasi *Computational Fluids Dynamic* (CFD)

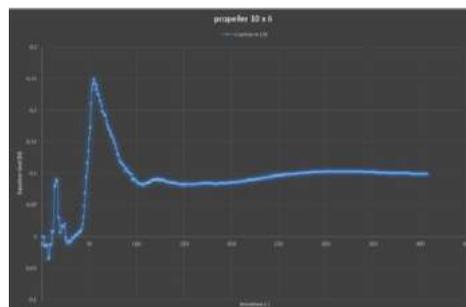
No.	Parameter	Keterangan
1.	Jenis analisa aliran	External flow simulation
2.	Jenis fluida	Udara
3.	Massa jenis fluida (ρ)	1.225 Kg/m ³
4.	Kecepatan <i>propeller</i> (v)	206.67 m/s
5.	Tekanan fluida (P)	101.325 Pa
6.	Suhu fluida (T_f)	20.05°C
7.	Luas permukaan <i>propeller</i>	0.0103 m ²

Berdasarkan parameter yang digunakan dalam pengujian seperti yang telah diberikan pada Tabel 1, hasil visualisasi simulasi CFD ditunjukkan pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil Simulasi CFD

Hasil simulasi pada bilah propeller 10x6 in menunjukkan nilai kecepatan maksimum wahana sebesar 53.101 m/s. Nilai Koefisien *lift* yang bekerja pada *propeller* tersebut adalah 0.1 seperti yang ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil *Coefisien lift* (C_l) pada propeller

Gaya angkat (*Lift*) dari wahana UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 diperoleh dengan formula yang ada pada persamaan (1) berikut.

$$Lift = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times A \times Cl$$

(1)

Dimana : ρ : Massa jenis fluida

v : Kecepatan *propeller*

A : Luas permukaan *propeller*

Cl : *Coefisien lift*

Berdasarkan formula pada persamaan (1) maka gaya angkat lift dihitung sebagai berikut:

$$Lift = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 206.67^2 \times 0.0103 \times 0.1$$

$$Lift = 26.946 \text{ N}$$

Gaya angkat lift diperoleh sebesar 26.946 N. Nilai tersebut sangat baik dengan menopang bobot keseluruhan wahana sebesar

2.8 kg atau sama dengan 27.468 N.

Pengujian Kamera

Kamera micro dengan resolusi 1000 TVL ini cukup baik karena ukuran yang kecil sehingga tidak memakan ruang yang besar sekaligus ringan, serta menghasilkan gambar yang cukup jernih. *Software* yang digunakan untuk menampilkan hasil dari kamera adalah *Debut Video Capture Software* dengan tambahan alat ROTG Eachine 5.8 Ghz. Jarak pandang maksimum untuk kamera ini sekitar 30 meter sementara jarak pandang ideal yang dapat terlihat pada kamera ini yakni dibawah 10 meter. Pada VR digunakan Eachine VR006 mini FPV Goggles dengan tampilan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.

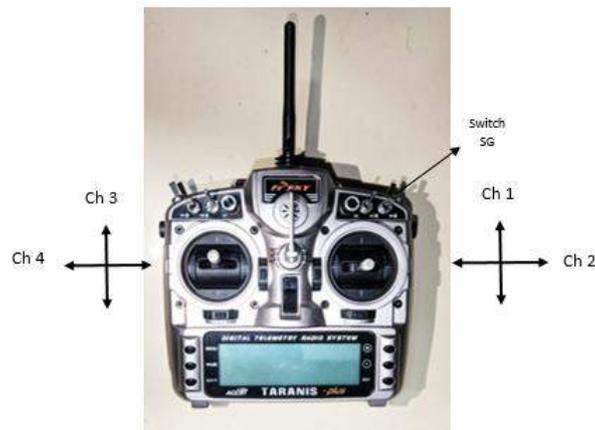


Gambar 10. Tampilan VR006 mini FPV Goggles

Pengujian Transmitter

Transmitter digunakan untuk mengontrol wahana yang bermanuver. *Transmitter* telah dibuat dan menunjukkan fungsi dari tuas masing-masing *Chanel* (Ch). Jika dalam kondisi mode wahana bergerak diatas udara maka kondisi switch SG. Untuk membuat wahana bermanuver kiri dan kanan

(*roll*) yang digunakan adalah tuas Ch1, Untuk membuat pesawat terdorong maju kedepan menggunakan tuas Ch2. Tuas Ch3 digunakan untuk menaik dan menurunkan wahana (*Pitching*). Jika wahana diputar kekiri dan kanan maka dapat digunakan Ch4. Tampilan *chanel* dan *switch transmitter* ditunjukkan pada Gambar 11.

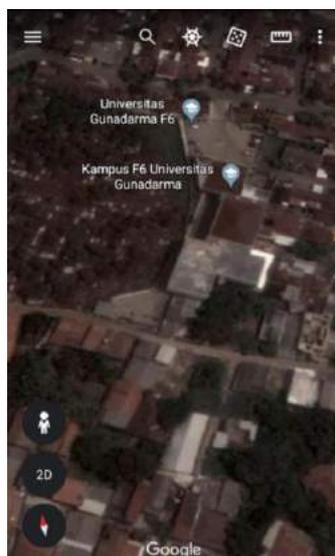


Gambar 11. Tampilan *Chanel* dan *Switch Transmitter*

Pengujian GPS

GPS berperan penting pada sebuah misi. GPS dibutuhkan untuk mengetahui posisi UAV dan arah terbang pesawat. Untuk mengetahui keakuratan modul GPS digunakan bantuan

sebuah *smartphone* yang telah di lengkapi GPS di dalamnya. Hasilnya antara GPS *smartphone* menggunakan aplikasi *Earth* ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan GPS pada *smartphone* aplikasi *Earth*

GPS pesawat menunjukkan titik yang sama dengan *smartphone*. GPS pesawat menggunakan aplikasi *ardupilot* yang ditunjukkan pada Gambar 13. Selain itu, dapat terlihat

pula GPS sesuai dengan lokasi pengujian yang ada, yakni terletak di kampus F6 Universitas Gunadarma.



Gambar 13. Tampilan GPS pada Ardupilot

Pengujian Baterai

Pengujian baterai dilakukan pada 3 kondisi yaitu baterai dengan motor yang pada diam posisi diam dengan tuas throttle 0%, 25%, dan

50%. Pengujian ini menggunakan bantuan *software mission planer*. Pada pengujian ini *trottle* masih dalam posisi normal tidak di naikkan atau dalam posisi motor yang tidak berputar.



a. baterai saat *trottle* 0% b. baterai saat *trottle* 25% c. baterai saat *trottle* 50%

Gambar 14. Status tegangan baterai

Pada Gambar 14 ditunjukkan hasil pengujian status tegangan baterai untuk 3 kondisi *throttle* yang berbeda. Pada Gambar 11.a, status baterai memiliki nilai tegangan 11.60V dengan arus listrik sebesar 20.0A yang terjadi pada kondisi *trottle* 0%. Pada kondisi *trottle* 25% status baterai menjadi *remote* dikondisikan dengan kekuatan pada 50% dan didapatkan status baterai menjadi 3.08V dengan amper 4.8A

Pengujian Sensor Acelerometer

Pengujian dilakukan dengan melakukan akuisisi data sensor akselerometer tiga aksis dan responnya terhadap kemiringan. Pengujian sensor dilakukan dengan memposisikan wahana pada posisi awal mendarat dan selanjutnya wahana bergerak kekanan kekiri, kedepan dan kebelakang sehingga dapat diketahui tingkat responsif dari wahana tersebut.

1. Pengujian Sensor Acelerometer Secara Datar

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan *software Ardupilot*. Pada ketinggian 6.48 m dari permukaan tanah, dengan posisi wahana tidak berakselerasi. Pada 303 hingga

308 second, wahana mengalami fibrasi akibat adanya angin yang cukup kencang pada saat pengujian berlangsung. Pada saat datar nilai pada sumbu roll 0 dan sementara sumbu pitch rata-rata 9. Grafik dapat dilihat pada Gambar 15 dengan tampilan *software Ardupilot*.



Gambar 15. Pengujian Sensor Acelerometer Secara Datar

2. Pengujian Sensor Acelerometer Secara Miring ke Kanan

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan *software Ardupilot*. Pada ketinggian 6.48 m dari permukaan tanah dengan posisi wahana berakselerasi digerakan ke arah kanan, sehingga wahana posisi miring kekanan. Pada waktu 320 hingga 325 second, wahana memulai

bergerak ke arah kanan dengan kemiringan sekitar 10 derajat dari titik semula. Pada saat itu pula nilai pada sumbu roll mencapai -8 dan sementara sumbu pitch tetap sama diangka 9. Pada sumbu roll menunjukkan nilai min (-) hanya menunjukkan suatu arah saja. Grafik dapat dilihat pada Gambar 16 dengan tampilan *software Ardupilot*.



Gambar 16. Pengujian Sensor Acelerometer Secara Miring ke Kanan

3. Pengujian Sensor Acelerometer Secara Miring ke Kiri

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan *software Ardupilot*. Dengan ketinggian 6.39 m dari permukaan tanah,

dengan posisi wahana berakselerasi dikgerakan ke arah kanan, sehingga wahana posisi miring kekanan. Pada waktu 340 hingga 342 second, wahana memulai bergerak kearah kiri dengan kemiringan sekitar 10 derajat dari titik semula.

Pada saat itu pula nilai pada sumbu roll mencapai 8 dan sementara sumbu pitch tetap sama diangka 9. Grafik dapat dilihat pada Gambar 17 dengan tampilan *software Ardupilot*.



Gambar 17. Pengujian Sensor Acelerometer Secara Miring ke Kiri

4. Pengujian Sensor Akselerometer Secara Maju kedepan

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan *software Ardupilot*. Dengan ketinggian 6.39 m dari permukaan tanah, dengan posisi wahana berakselerasi dikgerakan ke depan, sehingga wahana posisi condong kedepan. Pada waktu 356 hingga 362 second,

wahana memulai bergerak maju kedepan. Pada saat itu pula nilai pada sumbu roll hanya 2 yang sewajarnya 0, akibat adanya angin dari arah kanan wahana dan sementara itu sumbu pitch mencapai angka 1 akibat dari wanaha yang condong kedepan. Grafik dapat dilihat pada Gambar 18 dengan tampilan *software Ardupilot*.



Gambar 18. Pengujian Sensor Acelerometer Secara Maju kedepan

5. Pengujian Sensor Acelerometer Bergerak Kebelakang

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan *software Ardupilot*. Dengan ketinggian 6.40 m dari permukaan tanah,

dengan posisi wahana berakselerasi dikgerakan ke depan, sehingga wahana posisi condong kedepan. Pada waktu 379 hingga 382 second,

wahana memulai bergerak mundur ke belakang. Pada saat itu pula nilai pada sumbu roll hanya -1 yang sewajarnya 0, akibat adanya angin dari arah kiri wahana dan sementara itu sumbu pitch mencapai angka 19 akibat dari wahana

yang condong kebelakang yang normalnya menunjukkan angka 9. Grafik dapat dilihat pada Gambar 19 dengan tampilan *software Ardupilot*.



Gambar 19. Pengujian Sensor Acelerometer Bergerak Kebelakang

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengujian pada wahana UAV AMPHI-FLY Evo 1.0 terhadap frame, propeller udara, kamera, transmitter, GPS, baterai dan sensor accelerometer telah dilakukan dengan hasil yang baik. Pengujian terhadap frame yang digunakan disimpulkan bahwa kualitas frame cukup aman digunakan. *Propeller* udara sangat baik karena dapat menopang bobot wahana secara keseluruhan. Jarak pandang ideal kamera di bawah 10 meter meskipun kamera masih dapat digunakan untuk jarak maksimal 30 meter. Tuas pada transmitter dapat berfungsi dengan baik. GPS yang digunakan juga akurat dalam menunjukkan posisi wahana. Baterai dengan arus 5A yang digunakan juga memenuhi kebutuhan karena berdasarkan pengujian, arus terbesar yang dibutuhkan sebesar 4.8A. Sensor accelerometer cukup responsif terhadap perubahan pergerakan wahana. Pada penelitian selanjutnya wahana dapat dikembangkan

dengan penggunaan kamera yang lebih baik sehingga jarak pandang idealnya bertambah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] E.A. Euteneur dan G. Papageorgiou, “UAS insertion into commercial airspace: Europe and US standars perspective,” dalam seminar IEEE/AIAA 30th Digital Avionics Systems Conference, 2011, hal. 5C5-1 - 5C5-12
- [2.] T.K. Priyambodo, A. Dharmawan, O. A. Dhewa dan N.A.S. Putro, “Optimizing control based on fine tune PID using ant colony logic for vertical moving control of UAV syytem,” dalam seminar Conf.Proc., 2016, hal.170011-1 - 170011-6.
- [3.] M. R. W. Utama, M. Komarudin dan A. Trisanto, “Sistem Kendali Holding Position Pada Quadcopter Berbasis Mikrokontroler Atmega 328p, “ *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan*

Teknologi Elektro, vol. 7, no. 1, hal.35 - 46, 2013.

- [4.] M. Abdulla, J.V. Svoboda, dan L. Rodrigues, *Avionics Made Simple*, Montreal, Quebec, Canada : M. Abdullah, 2005
- [5.] A. M. Handayani dan B. Sumanto, “*Sistem ground control station untuk pengamatan dan pengendalian unmanned aerial vehicle, “ dalam Seminar Nasional Teknologi Terapan (SNTT), 2016, hal. 1000 - 1003.*
- [6.] R. Hidayat, “*Pengembangan sistem navigasi otomatis pada UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan GPS (Global Positioning System) waypoint,*” *Jurnal Teknik ITS* , vol. 5, no. 2, hal. A898 – A903, 2016.