

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Gael Langevin, seorang *3D Artist* asal Perancis, pada tahun 2012 menginisialisasi sebuah *project open source* tentang tangan *prosthesis*. Pada awalnya, Langevin menciptakan *project life-size robot*, yaitu robot dengan ukuran rata-rata manusia (Langevin, 2012). Namun seiring bergulirnya waktu, muncul lah ide tentang implementasi tangan *prosthesis* dari ide *life-size robot* milik Langevin. Berawal dari hal tersebut, muncul berbagai konsep dari tangan *prosthesis* seperti Bionico, e-Nable, dan masih banyak lagi.

Pada tahun 2015, sebuah penelitian berupa *FES-robotic gloves* (sarung tangan robotik) digunakan untuk proses rehabilitasi pasien stroke. Dalam penelitiannya, Hartopanu, dkk. menggunakan *flex sensor* untuk menangkap sinyal dari tangan yang sehat, kemudian data diolah melalui mikrokontroler, lalu sinyal diubah menjadi gerakan motor untuk membantu tangan pasien yang mengalami stroke. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa sarung tangan tersebut dikembangkan untuk membantu proses penyembuhan pasien yang mengalami stroke. Hal yang baru dari penelitian tersebut, terdiri atas keseimbangan antara stimulan elektrik dan juga rangka manusia untuk proses rehabilitasi yang lebih cepat (Hartopanu, dkk. 2015).

Pada tahun 2017, tangan robot milik Langevin diimplementasikan dan dikontrol melalui perangkat Android. Dalam penelitiannya, Tezel, dkk. mendemonstrasikan setidaknya sepuluh gerakan dari tangan *prosthesis* yang dikontrol melalui perangkat Android. Hasil dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa waktu respon dari tangan *prosthesis* tersebut sangatlah baik sehingga banyak gerakan dari tangan manusia pada umumnya yang bisa ditirukan dengan cepat (Tezel, dkk. 2017).

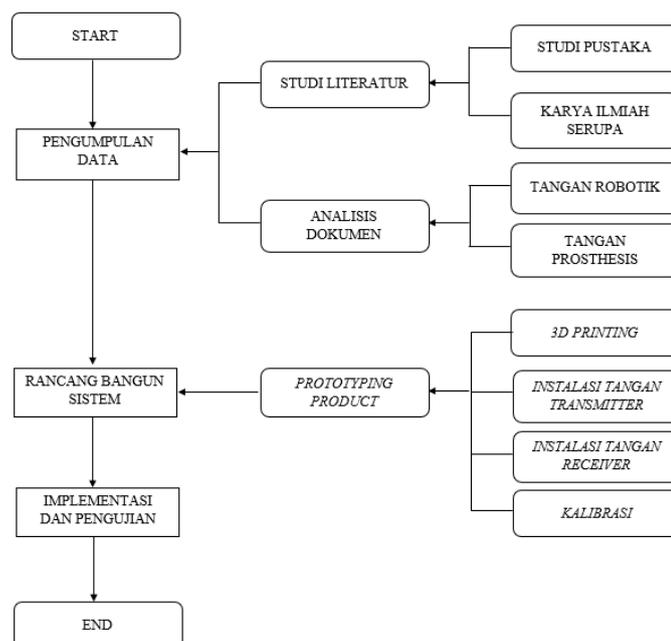
Dari beberapa penelitian diatas, maka dapat dibuat *gap sentence* atau faktor pembeda antara beberapa penelitian diatas. Faktor pembeda tersebut akan dijabarkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor Pembeda Penelitian Tangan Buatan

No	Judul Penelitian	Tahun	Resume
1	Inmoov Robot (Gael Langevin)	2012	Pembuatan robot dengan skala 1:1 dengan manusia.
2	<i>New Issues on FES and Robotic Glove Device to Improve the Hand Rehabilitation in Stroke Patients</i>	2015	Pembuatan sarung tangan robot dengan <i>flex sensor</i> dengan tujuan untuk rehabilitasi pasien stroke.
3	<i>Implementation of Humanoid Robotic Hands</i> (Tezel, dkk.)	2017	Pembuatan tangan robot berbasis dari model Inmoov dengan kontrol aplikasi Android.

2.2 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran adalah alur logika berjalannya sebuah penelitian. Adapun kerangka pemikiran dalam pembuatan tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* dan modul *Bluetooth* berbasis Arduino ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



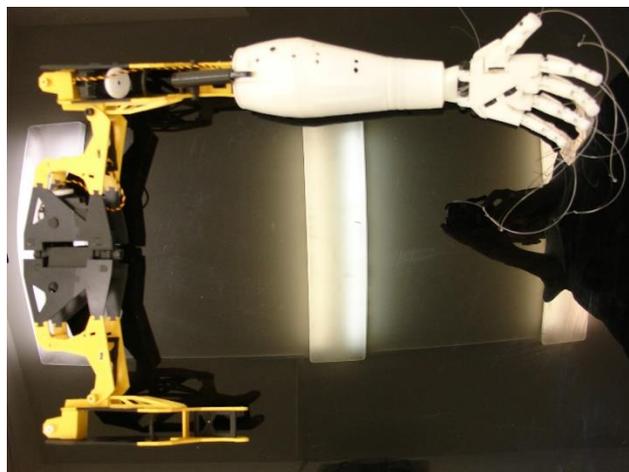
Gambar 2.1 Kerangka Pemikiran Penelitian

Dari kerangka pemikiran diatas, dijelaskan bahwa penelitian dimulai dengan pengumpulan data dari penelitian-penelitian serupa. Data dikumpulkan dan dianalisis dari berbagai literatur dan dokumentasi *prototyping* di *internet*. Setelah data dikumpulkan dan dianalisis, maka disusunlah sebuah rancangan sistem yang baru yang berasal dari kelemahan-kelemahan sistem sebelumnya. Dalam perancangan sistem yang baru ini, dimulai juga tahapan *prototyping* produk. Setelah *prototyping* selesai, maka dilakukan implementasi dan juga pengujian *prototype* produk tangan *prosthesis*.

2.3 Teori Pendukung

2.3.1 Tangan *Prosthesis*

Dalam ilmu kesehatan, *prosthesis* adalah perangkat artifisial yang menggantikan bagian tubuh yang hilang akibat trauma, penyakit, atau kondisi kongenital (Vyawahare & Pardhi, 2017). Tangan *prosthesis* adalah tangan artifisial yang digunakan untuk menggantikan tangan atau sebagian dari tangan yang rusak, cacat, atau diamputasi.



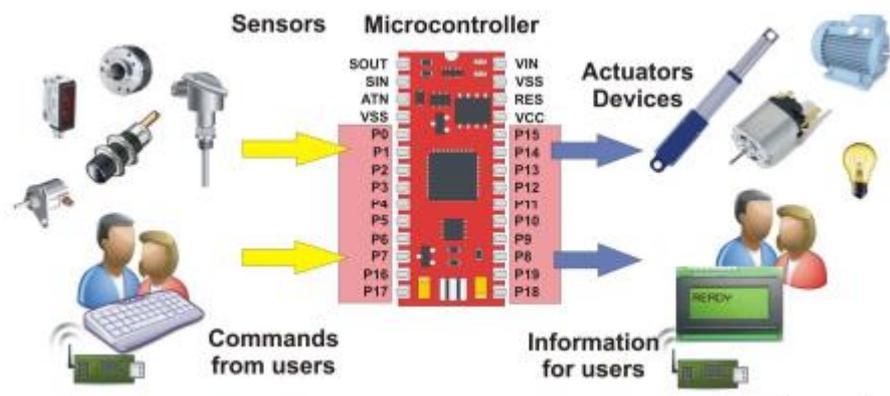
Gambar 2.2 Bagian Tangan dari Inmoov Robot

Inmoov merupakan *life-size robot* yang menjadi ide dasar penelitian ini. Bagian tangan dari Inmoov robot ditunjukkan pada Gambar 2.2. Ide penelitian ini adalah menghubungkan tangan robot dengan mikrokontroler dan dijadikan tangan *prosthesis* bagi pasien amputasi.

2.3.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu *chip* berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal *input*, mengolahnya dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal *input* diperoleh dari sensor yang dipasang pada mikrokontroler, sedangkan sinyal *output* akan dikeluarkan berdasarkan *trigger* yang diolah mikrokontroler (Wahyuni, 2015).

Dalam pendapat lain disebutkan bahwa mikrokontroler merupakan suatu kumpulan dari sistem yang terintegrasi yang dapat diaplikasikan untuk mengontrol sebuah proses dan fungsi produk. Mikrokontroler juga dapat berkomunikasi dengan *user* ataupun mikrokontroler lain (Virgala, dkk. 2017). Adapun peranan mikrokontroler dalam sebuah sistem mekatronik dijelaskan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Peranan Mikrokontroler dalam Sistem Mekatronik

Sumber : (Virgala, dkk. 2017)

2.3.3 Arduino

Arduino adalah sebuah *open-source project* yang menciptakan perangkat berbasis mikrokontroler untuk merakit perangkat digital maupun peralatan interaktif yang dapat merasakan dan mengontrol perangkat fisik. Arduino mengkombinasikan sebuah mikrokontroler dengan berbagai sensor yang dapat dihubungkan menjadi berbagai *project* yang membuatnya fleksibel dan mudah dikembangkan (Khan, dkk. 2017).



Gambar 2.4 Arduino UNO

Dalam penelitian ini, Arduino yang digunakan adalah Arduino UNO. Tampilan fisik Arduino Uno ditunjukkan pada Gambar 2.4. Sebuah arduino dengan basis Atmega328P, dengan kemampuan *processor* 16MHz dan pin *input/output* berjumlah 14 dengan 6 diantaranya berfungsi sebagai *analog input/output*.

2.3.4 Arduino IDE

IDE merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, yaitu sebuah paket perangkat lunak yang menyediakan peralatan dasar untuk menulis dan menguji sebuah perangkat lunak. Peralatan dasar yang dimaksud berupa *text editor*, *code libraries*, *compiler*, dan juga *platform* pengujian. IDE dibuat untuk memudahkan pengembangan perangkat lunak dan dapat mengidentifikasi sekaligus meminimalisir kesalahan dalam penulisan kode.

Arduino IDE merupakan IDE yang dibuat khusus untuk pemrograman Arduino. IDE Arduino adalah bagian *software opensource* yang memungkinkan user untuk memprogram bahasa Arduino dalam bahasa C. IDE memungkinkan *user* untuk menulis sebuah program secara *step-by-step* kemudian instruksi tersebut di *upload* ke papan Arduino (Adriansyah & Hidyatama, 2013).

2.3.5 Motor Servo

Motor *servo* merupakan salah satu jenis aktuator yang banyak digunakan dalam bidang industri atau robotika. Kemampuan motor *servo* dibatasi dengan beban maksimal yang sudah ditentukan pada masing-masing *servo* (Sumarsono & Saptaningtyas, 2018).



Gambar 2.5 MG996R Motor Servo

Dalam penelitian ini, motor *servo* yang digunakan adalah *servo* MG996R seperti pada Gambar 2.5. Berdasarkan *datasheet*-nya, MG996R memiliki torsi sebesar 10kg/cm yang artinya memiliki kemampuan puntir dengan daya dorong sebesar 10kilogram per 1 cm jarak.

2.3.6 Polylactic acid (PLA)

Polylactic acid (PLA) merupakan salah satu jenis plastik polimer yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat terurai, seperti tepung jagung, tepung tapioka, atau olahan tebu. Karena terbuat dari bahan yang mudah terurai, PLA ramah lingkungan (Putra & Sari, 2018). PLA yang diolah menjadi bentuk filamen ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Filamen PLA 1.75mm

Material PLA dipilih karena dalam penggunaannya material PLA optimal digunakan pada suhu 190° C dan dapat digunakan tanpa menggunakan *heatbed*, sehingga lebih efisien dalam penggunaan listrik.

2.3.7 Flex Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi atau mengukur suatu besaran fisis berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam hal sistem otomasi dan robotik, peranan sensor mirip dengan panca indra, dimana hasil deteksi akan diproses didalam mikrokontroler sebagai otaknya (Karim, 2013). Dalam penelitian ini, yang berperan menjadi sensor adalah *flex sensor*.

Dalam pendapat lain disebutkan bahwa *flex sensor* adalah sensor yang mengukur besaran dari lengkungan. Pada dasarnya, *flex sensor* adalah *resistor analog*. Besaran radius lengkungan dari *flex sensor* menghasilkan nilai resistansi dari sensor tersebut (Vyawahare & Pardhi, 2017). Gambar flex sensor ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Flex Sensor

Dalam penelitian ini, *flex sensor* yang digunakan adalah flex sensor dengan ukuran 2.2 inchi dan juga 4.5 inchi. *Flex sensor* dengan ukuran 2.2 inchi digunakan untuk jari yang berukuran pendek dan *flex sensor* dengan ukuran 4.5 inchi digunakan untuk jari yang berukuran panjang. Adapun pemilihan *flex sensor* sebagai sensor utama dalam pembuatan tangan *prosthesis* didasari oleh pertimbangan-pertimbangan.

1. Bisa digunakan untuk difabel tunadaksa

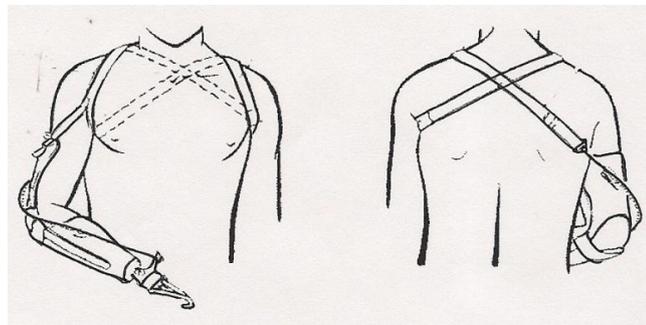
Tunadaksa adalah penderita kelainan fisik, khususnya anggota badan seperti tangan, kaki, atau bentuk tubuh. Penyimpangan terjadi pada ukuran, bentuk, atau kondisi lainnya (Setyaningrum, 2018). Tunadaksa juga merupakan sebutan bagi orang yang mengalami ketidakberfungsian atau ketidaklengkapan organ tubuh seperti tulang, otot, sendi maupun sarafnya baik yang terjadi sebelum lahir (cacat

kongenital) maupun setelah lahir. Dalam beberapa kasus, penyandang tunadaksa tidak dapat dibantu dengan alat bantu *prosthesis* (Fuadah, 2019).

Sebagai contoh, orang yang lahir dengan tangan kiri saja, dimungkinkan tidak dapat menggunakan *prosthesis* tangan kanan. Hal ini dikarenakan saraf motorik tidak pernah dilatih karena ketidaklengkapan organ tubuh. Dengan penggunaan *flex sensor*, penyandang tunadaksa dalam contoh kasus tersebut, tetap bisa menggunakan *prosthesis* karena aktuator alat bekerja berdasarkan sensor yang ada di tangan kiri pasien.

2. Lebih praktis dari penggunaan kabel dan EMG

Salah satu jenis tangan *prosthesis* adalah *body powered prosthetic arm*, yaitu tangan *prosthesis* yang digerakkan oleh tubuh pasien itu sendiri. Pada tangan *prosthesis* jenis tersebut, media penggerak menggunakan tali, tangan *prosthesis* digerakkan oleh punggung belakang pasien dengan sistem mekanik. Pastinya tali-tali tersebut menurunkan kenyamanan pasien dalam menggunakan tangan *prosthesis*. Konsep *body powered prosthetic arm* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Penggunaan *Body Powered Prosthetic Arm*

Sumber : <http://www.upperlimbprosthetics.info>

Pada tangan *prosthesis* berbasis EMG, tangan *prosthesis* bergerak berdasarkan sinyal-sinyal elektrik yang didapat melalui jaringan saraf pasien yang masih ada. Dalam beberapa kasus, sinyal-sinyal tersebut tidak dapat terbaca oleh sensor EMG karena saraf, otot, sendi, ligamen, maupun jaringan penyokong disekitar tangan pasien amputasi ataupun penyandang tunadaksa rusak atau tidak ada (Fuadah, 2019).

3. Digunakan untuk rehabilitasi *phantom pain*.

Phantom pain adalah sensasi atau rasa yang mana bagian tubuh yang diamputasi dirasa masih ada. *Phantom pain* adalah hal yang wajar pasca amputasi. Sekitar 50%- 85% *phantom pain* muncul setelah proses amputasi. Salah satu cara yang digunakan untuk meredakan *phantom pain* adalah dengan *mirror therapy*, yaitu terapi dengan menempatkan sebuah cermin yang ditata segaris dan paralel dengan lengan atau kaki, lalu melihat pergerakan yang direfleksikan oleh anggota tubuh yang utuh ketika mencoba berbagai gerakan simultan dengan lengan yang diamputasi (Timms & Carus, 2015). Adapun gambaran mengenai *mirror therapy* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Proses *Mirror Therapy*

Sumber : (Kim & Kim, 2012)

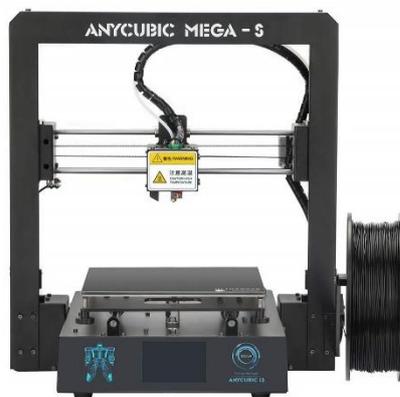
Dalam sebuah publikasi dijelaskan bahwa seorang pasien mengalami rasa nyeri pada seluruh tangan yang diamputasi. Setiap harinya, pasien tersebut diberikan *gabapentine* (2.400 mg), *oxycodon* (200 mg) dan *amitriptyluine* (25 mg) dengan sejumlah perawatan medis lain untuk mengurangi rasa sakit. Setelah perawatan tersebut, rasa nyeri berkurang tidak signifikan dan masih mendapatkan 8-10 dari skala 10 *visual analog scale* (VAS). Berbagai tindakan medis lain dilakukan, tetapi rasa nyeri tersebut bersifat jangka pendek. Singkatnya, pasien diberikan *treatment* berupa *mirror therapy*.

Mirror Therapy dilakukan empat kali dalam satu minggu dengan masing-masing periode selama 15 menit. Dalam minggu pertama, rasa nyeri berkurang

menjadi 7 dalam skala 10 VAS. Dalam satu bulan, rasa nyeri berkurang menjadi 5 dalam skala 10 VAS. Tiga bulan berikutnya pasien menjalani terapi di rumah dan rasa nyeri berkurang menjadi 4 dalam skala 10 VAS. Pasien tetap menjalani terapi dengan diberikan *gabapentine* (2.400 mg), *oxycodon* (100 mg) dan *amitriptyluine* (25 mg). (Kim & Kim, 2012). *Visual Analog Scale* (VAS) adalah instrumen pengukuran untuk mengukur intensitas nyeri. VAS ditampilkan dalam susunan angka horizontal bernomor 1 sampai dengan 10 (Jaury, Kumaat, & Tambajong, 2014). Dengan beberapa penelitian tersebut, maka diharapkan tangan *prosthesis* berbasis *flex sensor* dapat mengurangi *phantom pain* pasien pasca amputasi.

2.3.8 3D Printer

3D Printer adalah alat yang digunakan untuk pencetakan objek 3D. Secara umum, *3D Printer* yang banyak beredar saat ini berjenis FDM (*Fused Deposition Modelling*) dan SLA (*Stereolitography*). Apabila dalam FDM menggunakan *thermoplastic* sebagai material, dalam SLA, *UV Resin* digunakan sebagai material utama.



Gambar 2.10 3D Printer FDM

Dalam penelitian ini, *3D Printer* yang digunakan berjenis FDM yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. FDM adalah sebuah proses yang secara selektif mengeluarkan *thermoplastic* melalui sebuah mulut semprot (*nozzle*) (Valerga, dkk. 2018). 3D Printer FDM dipilih karena harganya yang murah serta prinsip kerjanya yang efisien dalam penggunaan material.

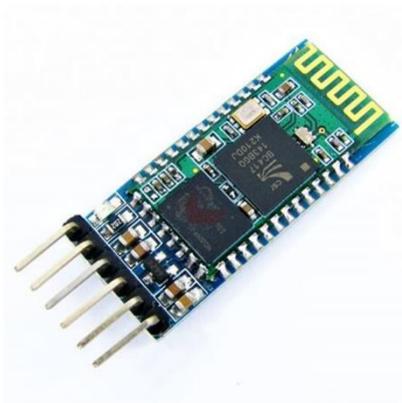
2.3.9 Bluetooth

Bluetooth adalah teknologi nirkabel jarak pendek yang digunakan oleh banyak produk seperti ponsel, laptop, *Internet of Things* (IoT), dan perangkat industri (Antonioli, dkk. 2019). Jarak komunikasi data dalam menggunakan teknologi *Bluetooth* berkisar antara 10 meter hingga 20 meter.

Dalam pendapat lain disebutkan bahwa *Bluetooth* merupakan standar global untuk bentuk yang ringkas, solusi komunikasi nirkabel yang murah yang menyediakan koneksi antara komputer, ponsel, dan perangkat *portable* lain. Kemampuan utama *Bluetooth* adalah kemampuan dalam menangani data maupun transmisi suara secara bersamaan. (Cotta, dkk. 2016).

2.3.10 Modul HC-05

Modul HC-05 adalah sebuah modul *Bluetooth* yang didesain untuk pengaturan koneksi serial nirkabel. Modul HC-05 adalah modul *Bluetooth* dengan standar kualifikasi *Bluetooth* 2.0 (Khan, dkk. 2017). Tampilan fisik modul HC-05 ditunjukkan pada Gambar 2.11.



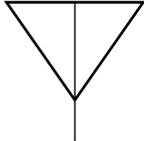
Gambar 2.11 Modul Bluetooth HC-05

Dalam penelitian ini, sebanyak dua buah modul *Bluetooth* HC-05 akan digunakan. Modul satu akan dikonfigurasi sebagai *master*, sedangkan modul yang lain akan dikonfigurasi sebagai *slave*. Modul *master* adalah modul *Bluetooth* yang berfungsi sebagai modul pengirim data, sedangkan modul *slave* berfungsi sebagai modul penerima data.

2.3.11 Block Diagram

Block diagram menggambarkan perakitan secara umum dari sebuah perangkat elektronik atau sistem. Sebuah *block diagram* menyediakan versi sederhana dari sebuah perangkat dengan memisahkan komponen inti dan menunjukkan bagaimana perangkat tersebut dihubungkan. *Block diagram* biasanya terfokus pada *input* dan *output* dari sebuah sistem dan biasanya tidak memperhitungkan hasil *input* maupun *output* (Giblisco, 2014). Adapun simbol yang digunakan dalam *block diagram* ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Simbol dalam *Block Diagram*

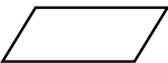
No	Simbol	Fungsi
1		Untuk menggambarkan modul atau fungsi utama dalam sebuah blok. Didalam simbol tersebut wajib ditulis nama modul atau fungsi.
2		Anak panah digunakan untuk menggambarkan arah aliran sinyal <i>input</i> maupun <i>output</i> dari atau ke sebuah <i>block</i> .
3		Untuk menggambarkan sebuah <i>integrated circuits</i> atau IC yang dibangun didalam sebuah <i>amplifier</i> khusus, biasanya antena atau pemancar sinyal lain.

2.3.12 Flowchart (Diagram Alir)

Flowchart adalah cara penulisan algoritma dengan menggunakan notasi grafis. *Flowchart* merupakan gambar atau bagan yang memperlihatkan urutan atau langkah-langkah dari suatu program dan hubungan antar proses beserta pernyataannya (Barakbah & Karlita, 2013). Gambaran ini dinyatakan dengan simbol. Dengan demikian setiap simbol menggambarkan proses tertentu.

Adapun simbol-simbol yang digunakan dalam *flowchart* standar yang ditetapkan oleh ISO dan ANSI ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Simbol dalam *flowchart*

No.	Simbol	Nama	Fungsi
1		<i>Terminator</i>	Simbol awal (<i>start</i>) atau simbol akhir (<i>end</i>).
2		<i>Flow Line</i>	Simbol arah aliran atau penghubung.
3		Proses	Simbol perhitungan atau pengolahan angka.
4		<i>Input / Output</i>	Simbol untuk merepresentasikan pembacaan data (<i>read</i>) atau penulisan data (<i>write</i>).
5		<i>Decision / Pilihan</i>	Simbol untuk merepresentasikan suatu pernyataan pilihan, berisi suatu kondisi dengan <i>output</i> benar atau salah.
6		<i>Preparation</i>	Simbol pernyataan inisialisasi atau pemberian nilai awal.
7		<i>Predefined Process (Subprogram)</i>	Proses menjalankan subprogram / fungsi / prosedur.
8		<i>On Page Connector</i>	Simbol penghubung <i>flowchart</i> jika masih dalam satu halaman.
9		<i>Off Page Connector</i>	Simbol penghubung <i>flowchart</i> apabila sudah berganti halaman.