

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI PENDUKUNG

2.1 Tinjauan Pustaka

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan semakin berkembang sampai saat ini. Perkembangan tersebut termasuk pada bidang otomatisasi yang mempermudah pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan efisien. Salah satu sistem pengendali otomatis tersebut berupa PLC yang penggunaannya menggantikan piranti kontrol konvensional di industri. Pemanfaatan PLC dalam bidang sistem kendali tak terkecuali pada proses produksi berupa penggunaan *conveyor* sebagai alat pengangkut. *Conveyor* juga merupakan sebuah peralatan penanganan material yang paling efisien, digunakan untuk pemindahan barang muatan (P. M. McGuire, 2010:1).

Conveyor banyak digunakan di industri-industri untuk mentransportasikan barang muatan yang jumlahnya banyak dan berkelanjutan. Secara umum *conveyor* di industri dibagi dalam beberapa jenis seperti:

- a. *Belt conveyor*
- b. *Roller chain conveyor*
- c. *Bucket conveyor*
- d. *Vibrating conveyor*
- e. *Gravity conveyor*

Pada *conveyor* terdapat bagian penting seperti *belt conveyor*. *Belt conveyor* adalah sistem mekanik yang dipakai untuk mengangkut unit. Material yang biasa digunakan untuk *belt* yaitu karet, plastik, kulit, ataupun logam. Hal tersebut tergantung dari barang yang akan diangkut. *Belt conveyor* sendiri memiliki prinsip kerja yaitu putaran dari motor akan menggerakkan *head pulley* yang akan menarik *belt*.

Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan mengenai rancang bangun suatu sistem yang digunakan sebagai acuan referensi dalam pembuatan sistem *conveyor* berbasis HILS. Berbagai penelitian menggunakan objek penelitian yang memiliki ragam variasi dari tiap penelitian yang ada. Beberapa penelitian tersebut diantaranya dapat dilihat Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian yang relevan

Nama peneliti	Pengendali	Topik Penelitian
R. B. Hill, J. L. Calles, T. Master dan N. Lassabe	PLC	<i>Virtual commissioning implementation of side panel assembly process for automotive shop floor</i>
M. L. Dezaki, S. Hatami, A. Zolfagharian dan M. Bodaghi	Arduino Uno	<i>A pneumatic conveyor robot for color detection and sorting</i>
M. A. Azam dan D. Harun	Arduino Uno	<i>Design of mini model for mini tempeh packaging system: wrapper feeder and soybean feeder</i>
D. N. Saputra, Evelina dan D. P. Sari	PLC Outseal	Perancangan alat sortir otomatis berdasarkan tinggi dengan sistem kendali <i>software</i> HMI Haiwell Scada berbasis PLC Outseal
O. Febriyanti, U. Latifa dan R. Hidayat	PLC Outseal	Perancangan <i>conveyor</i> untuk mesin pengisi botol minuman yang menggunakan PLC Outseal
Prasetyo dan Wahyudi	PLC Outseal	Perancangan pengendalian <i>aspahalt hot mix</i> menggunakan PLC dan sensor <i>load cell</i>
H. Kaid, A. Al-Ahmari, dan Zhiwu LI	PLC	<i>Colored resource-oriented Petri Net based ladder diagram for PLC implementation</i>

M. U. Borges dan E. J. Lima II	Arduino Uno	<i>Conversion methodologies from Petri Nets to ladder diagram</i>
--------------------------------	-------------	---

Penelitian pertama menjelaskan mengenai pembuatan lantai toko otomatis menggunakan pengendali PLC yang menggunakan tiga jenis pendekatan simulasi yaitu *Model-in-the-Loop* (MiL), *Software-in-the-Loop* (SiL) dan *Hardware-in-the-Loop* (HIL) (R. B. Hill, J. L. Calles, T. Master dan N. Lassabe, 2022). Penelitian ini sebagai referensi dalam perancangan sistem *conveyor* dengan pendekatan HILS.

Penelitian kedua menjelaskan mengenai pembuatan *conveyor* pneumatik untuk mendeteksi dan penyortiran warna menggunakan Arduino Uno (M. L. Dezaki, S. Hatami, A. Zolfagharian dan M. Bodaghi, 2022). Penelitian ini sebagai referensi dalam perancangan sistem *conveyor* yang menggunakan Arduino Uno.

Penelitian ketiga menjelaskan mengenai perancangan model mini sistem pengemasan tempe mini dengan menggunakan Arduino Uno dan motor listrik. Penelitian ini menggunakan motor listrik sebagai penggerak *conveyor* dan motor servo sebagai penutup/pembuka lubang untuk kedelai (M. A. Azam dan D. Harun, 2021). Penelitian ini sebagai referensi dalam pembuatan sistem *conveyor* yang menggunakan motor DC dan juga menggunakan motor servo.

Penelitian keempat menjelaskan mengenai perancangan alat sortir otomatis yang menggunakan sensor *infrared* yang berbasis PLC Outseal (D. N. Saputra, Evelina dan D. P. Sari, 2022). Perancangan pada penelitian ini menggunakan ladder diagram sebagai bahasa pemrogramannya. PLC yang digunakan berjenis PLC Outseal yang merupakan PLC terbaru yang dibuat dan dikembangkan oleh anak bangsa sehingga bahasa utama pada *software* adalah Bahasa Indonesia. Penelitian ini sebagai referensi dalam perancangan program PLC menggunakan ladder diagram dengan *software* berupa *Outseal*.

Penelitian kelima menjelaskan terkait perancangan sistem instrumentasi pada mesin pengisi botol minuman yang menggunakan PLC Outseal (O. Febriyanti, U. Latifa dan R. Hidayat, 2021). Pada penelitian ini dibuat sebuah *conveyor* yang digunakan untuk pengisian botol minum dengan menggunakan motor DC sebagai penggerak. Selain itu, penelitian ini juga membahas pengujian motor *conveyor*.

Sehingga penelitian digunakan sebagai referensi untuk perancangan sistem *conveyor* dengan PLC serta analisis pengujian motor DC.

Penelitian keenam menjelaskan mengenai perancangan sistem pencampuran *asphalt hot mix* menggunakan PLC dan sensor *load cell* (Prasetyo dan Wahyudi, 2021). Pada penelitian ini juga membahas ladder diagram sebagai bahasa pemrograman PLC Outseal. Penelitian ini digunakan sebagai referensi untuk perancangan sistem *conveyor* yang menggunakan PLC Outseal dan *load cell*.

Penelitian ketujuh menjelaskan terkait desain dan analisis sistem menggunakan Petri Net (H. Kaid, A. Al-Ahmari, dan Zhiwu LI, 2020). Penggunaan analisis tersebut memudahkan pembacaan suatu sistem oleh orang lain. Selain itu, penelitian ini juga menjelaskan terkait kontak-kontak dan koil-koil dari ladder diagram yang merupakan bahasa program yang dipakai dalam penelitian perancangan sistem *conveyor* berbasis HILS dan sebagai referensi untuk desain Petri Net dan pemrograman PLC.

Penelitian kedelapan membahas mengenai konversi *Signal Interpreted Petri Net* (SIPN) ke dalam bahasa pemrograman ladder diagram (M. U. Borges dan E. J. Lima II, 2018). Penelitian ini digunakan sebagai referensi dalam menganalisis SIPN dan juga mengkonversikannya ke dalam bahasa pemrograman ladder diagram yang digunakan dalam perancangan sistem *conveyor*. Sehingga penelitian-penelitian di atas sebagai referensi untuk komponen, program, *wiring*, analisis dan hal-hal yang diperlukan untuk menunjang Tugas Akhir ini.

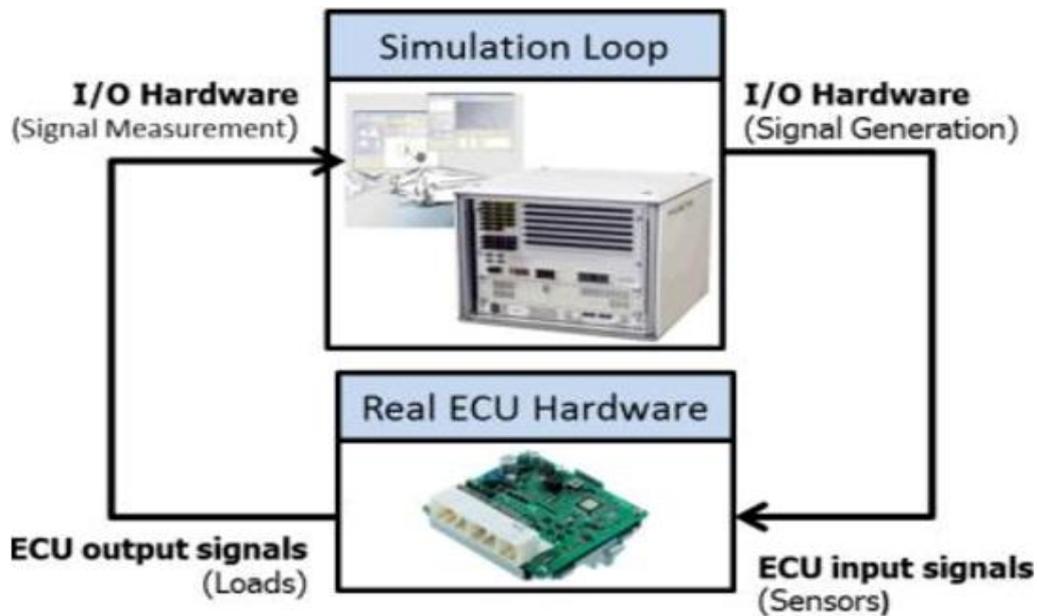
2.2 *Hardware-in-the-Loop-Simulation (HILS)*

Menurut Christian Kohler, bertahun-tahun yang lalu konsep HILS yang tidak jauh berbeda dari aktual sistem telah banyak dipakai (C. Kohler, 2010:15). Definisi dari HILS sendiri adalah proses simulasi yang dapat dioperasikan melalui perangkat keras nyata. Proses yang disimulasikan menggantikan baik secara penuh atau sebagian dari proses yang akan dikendalikan berupa aktuator, proses fisik dan sensor.

HILS merupakan sebuah simulasi yang menggunakan *real controller* dalam prosesnya dan dari proses simulasi terdapat *feedback signals*. HILS juga merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk pengembangan dan pengujian

sistem yang kompleks. Perancangan sebuah sistem membutuhkan biaya besar dan memiliki beberapa faktor yang menjadi pertimbangan seperti pembacaan sensor-sensor pada sistem dan tingkat kesalahan manusia dalam mengendalikan dan pemrograman sistem sehingga diperlukan suatu simulasi untuk proses awal perancangan alat.

Simulasi pada penelitian ini menggunakan sistem HILS. Sistem tersebut untuk menguji sebuah sistem sebelum diimplementasikan pada proses yang sebenarnya. Berikut pada Gambar 2.1 merupakan sistem dasar dari HILS.



Gambar 2.1 Basic HILS

(Sumber: <https://www.semanticscholar>)

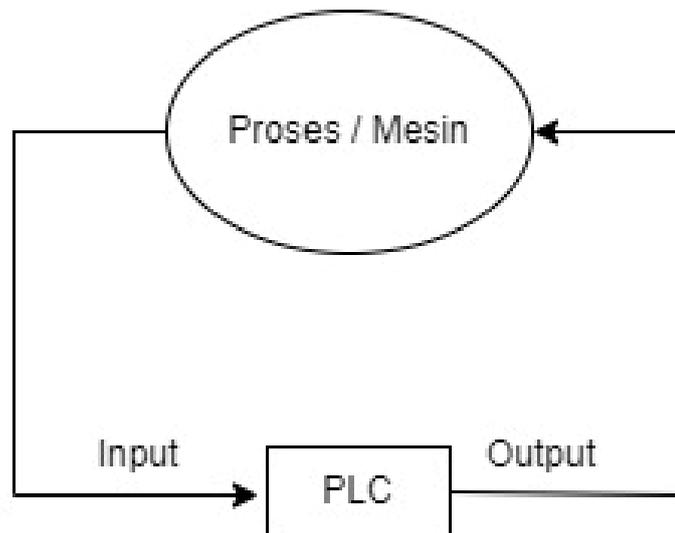
HILS berdasar pada simulasi menggunakan *hardware* dalam hal ini pengendali yang digunakan, berbeda persepsi dengan *prototype*. Jika *prototype* merupakan sebuah desain alat menggunakan perbandingan skala ukuran alat sebenarnya sebelum diproduksi ke skala sebenarnya, sistem HILS tidak berdasarkan pada perbandingan skala yang ada dilapangan, namun hanya mengadopsi suatu sistem untuk perancangan alat simulator.

2.3 PLC

Perkembangan teknologi semakin pesat dari waktu ke waktu. Perkembangan tersebut termasuk dalam bidang kontrol listrik yang didasarkan pada relai. Relai memungkinkan daya untuk hidup atau mati tanpa sakelar mekanis dan

dapat digunakan untuk membuat logika sederhana mengendalikan keputusan. Perkembangan komputer membuat munculnya PLC yang dimulai pada tahun 1970 yang telah menjadi pilihan paling umum untuk kontrol manufaktur. (H. Jack, 2007:2.1).

PLC merupakan pengendali yang berupa sebuah komputer khusus yang dirancang sebagai pengontrol suatu sistem atau mesin. Proses suatu sistem yang dikontrol dapat berupa servo, sistem kontrol dengan dua keadaan (*ON/OFF*) tapi dilakukan secara berulang-ulang seperti pada mesin pengeboran, dan sistem *conveyor*. Pengendali PLC yang memproses input dari sensor untuk membuat keputusan dan memproses output untuk menggerakkan aktuator yang diinginkan. (Hugh Jack, 2007:2.10). Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram konseptual aplikasi PLC

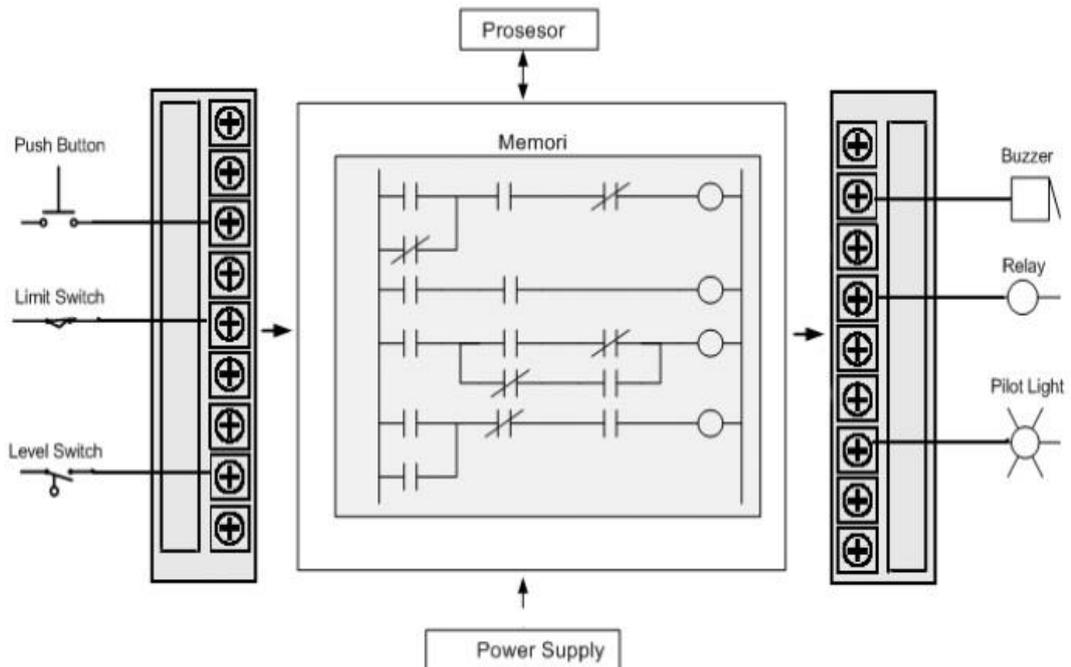
Perangkat keras PLC tersusun atas komponen-komponen utama seperti berikut (D. E. Kandray, 2010:387):

- a. Prosesor yang memiliki fungsi memeriksa status sinyal input dan mengeksekusi logika yang akan diproses.
- b. *Power supply* sendiri berfungsi sebagai penyedia daya ke unit. Besar daya yang dibutuhkan PLC tergantung dari spesifikasi dan jenis PLC yang digunakan.
- c. Memori berfungsi untuk menyimpan program sistem yang diupload, informasi status I/O dan informasi pengoperasian sistem pengontrol.

Memori ini sendiri dipecah menjadi dua jenis yaitu memori pengguna dan memori sistem. Program siklus kerja disimpan dalam memori pengguna dan informasi operasional pengontrol disimpan dalam memori sistem. Processor gabungan dan unit memori dikenal juga dengan unit pemrosesan pusat atau disebut dengan CPU.

- d. Modul *input/output*, input PLC dapat berupa sensor dan *output* dari PLC dapat berupa aktuator seperti motor dan pneumatik.
- e. Perangkat pemrograman, perangkat ini menyediakan sarana untuk memasukkan program siklus kerja ke dalam modul memori PLC.

Untuk lebih jelasnya, interaksi antar komponen sistem PLC dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Interaksi komponen-komponen sistem PLC

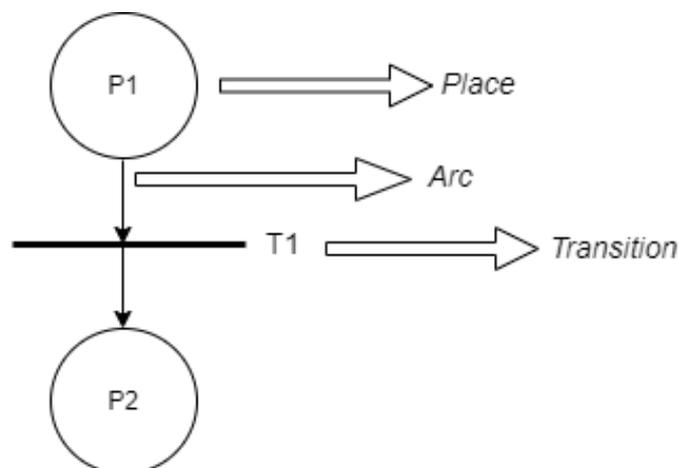
(Sumber: <http://jagootomasi.com/konfigurasi-programmable-logic-controller-plc/>)

Untuk memproses pengendali PLC salah satu bahasa pemrograman adalah ladder diagram. Ladder diagram adalah bahasa pemrograman berupa koil-koil dan kontak-kontak. Bahasa pemrograman tersebut juga dipakai pada penelitian ini.

2.4 *Signal Interpreted Petri Net (SIPN)*

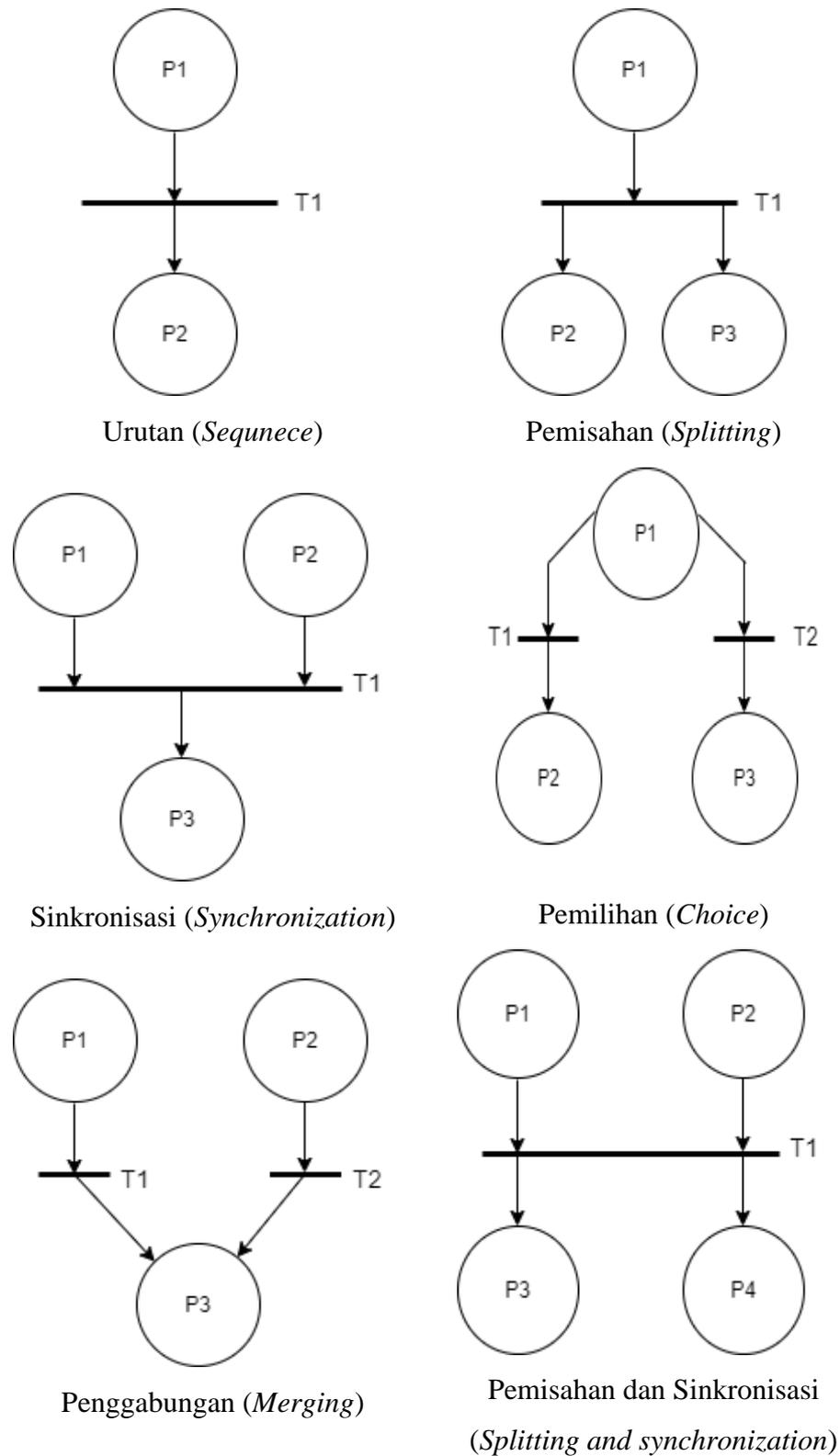
Jaringan Petri (PN) awalnya dikembangkan oleh Carl Adam Petri pada tahun 1962 untuk model sistem *asynchronous concurren*. Jaringan Petri Net sebagai alat grafis dan matematis yang menyediakan lingkungan yang seragam untuk pemodelan, analisis serta desain diskrit sistem. Jaringan Petri Net sendiri dapat mempresentasikan sistem dengan sangat efektif (B. Hruz dan M.C. Zhou, 2007:70).

Sebuah Petri Net dalam definisi umumnya adalah sistem yang terotomatisasi. Petri Net adalah bahasa pemodelan matematis untuk mendiskripsikan sistem terdistribusi diskrit. Petri Net yang merupakan grafik terarah melibatkan dua jenis keadaan. *Node-node* yang ada mewakili transisi-transisi (kejadian-kejadian diskrit yang mungkin muncul, dilambangkan dengan balok), *place-place* (kondisi-kondisi, dilambangkan dengan lingkaran), dan *arc-arc* yang mempunyai arah (yang menggambarkan *place-place* mana yang merupakan kondisi awal ataupun kondisi akhir dari setiap transisi, dilambangkan dengan tanda panah). *Arc-arc* selalu mengarah dari sebuah *place* sebuah transisi menuju transisi atau sebaliknya. *Arc* tidak pernah mengarah dari sebuah *place* menuju *place* yang lain ataupun dari sebuah transisi menuju transisi yang lain. *Place* yang menjadi pangkal dari suatu *arc* yang mengarah ke sebuah transisi disebut dengan *place* masukan, sedangkan *place* yang merupakan tujuan dari suatu *arc* yang berpangkal pada sebuah transisi, disebut *place* keluaran. Adapun bentuk dari struktur dasar dari Petri Net dapat dilihat dari Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur dasar Petri Net

Bentuk dari struktur dasar Petri Net dapat dilihat seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk struktur dasar Petri Net

Adapun struktur SIPN dapat dilihat seperti pada persamaan berikut:

$$\text{SIPN} = (P, T, F, \mathbf{m}_0, I, O, \varphi, \varpi, \Omega) \quad (2.1)$$

Dimana:

P adalah jumlah set terbatas dari *place*.

T adalah transisi.

F dari *arc* dan \mathbf{m}_0 adalah penandaan awal.

I adalah set terbatas yang tidak kosong dari sinyal masukan logika.

O adalah set terbatas yang tidak kosong dari sinyal keluaran logika dengan $I \cap O = \emptyset$.

φ adalah sebuah pemetaan yang mengasosiasikan setiap transisi dengan sebuah kondisi penembakan atau *firing* (fungsi Boolean in I).

ϖ adalah sebuah pemetaan yang mengasosiasikan setiap *place* dengan sebuah keluaran: $p \rightarrow \{0, 1, -\}^{|\mathcal{O}|}$.

Ω \mathbf{m} adalah fungsi keluaran pada sebuah SIPN $\{-, 1, 0, c\}^{|\mathcal{O}|}$.